



TUGAS AKHIR - RE141581

**UJI PEMANFAATAN TULANG HEWAN
SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA
PENGOLAHAN AIR SUNGAI**

**HANA PUSPITASARI
NRP 3311 100 033**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RE141581

TEST IN USING ANIMAL BONES AS NATURAL COAGULANT FOR RIVER WATER TREATMENT

**HANA PUSPITASARI
NRP 3311 100 033**

**SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI PEMANFAATAN TULANG HEWAN SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA PENGOLAHAN AIR SUNGAI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HANA PUSPITASARI
NRP. 3311100033

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.
NIP. 19550128 198503 2 001



UJI PEMANFAATAN TULANG HEWAN SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA PENGOLAHAN AIR SUNGAI SEBAGAI BAHAN BAKU AIR BERSIH

Nama Mahasiswa : Hana Puspitasari
NRP : 3311 100 033
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

ABSTRAK

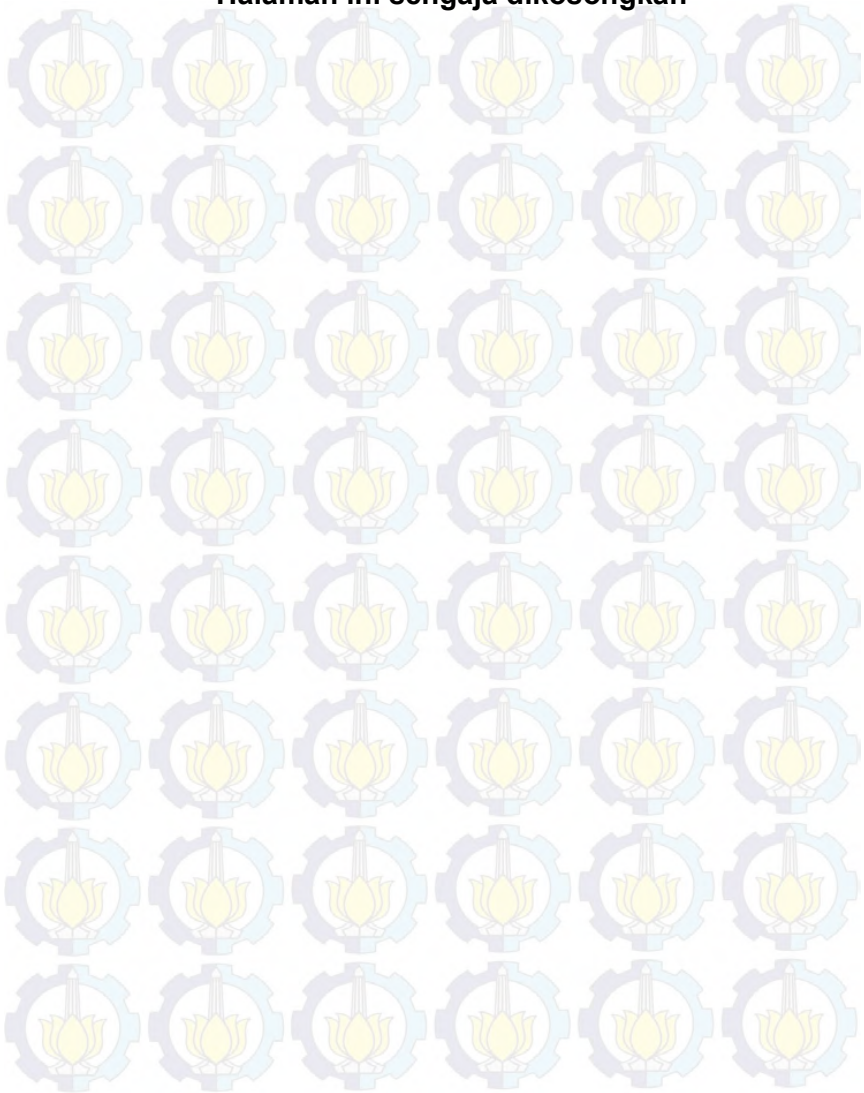
Pada proses pengolahan air bersih perkotaan yang menggunakan air baku dari sungai, masalah yang sering dihadapi adalah pada proses penyisihan kekeruhan. Proses koagulasi flokulasi sebagai metode yang paling umum digunakan pada penyisihan TSS seringkali mengalami permasalahan pada efektifitas penggunaan bahan koagulan kimia yang berpengaruh terhadap pH serta gangguan kesehatan pada tingkat konsumsi yang lebih tinggi. Berdasarkan persamaan sifat dengan kitosan yang telah ditemukan sebagai koagulan alami yang efektif, tulang hewan sebagai sisa limbah konsumsi berpotensi menjadi alternatif baru sebagai koagulan alami.

Penelitian ini menggunakan tiga jenis tulang hewan, yaitu tulang ayam, tulang sapi, dan tulang ikan. Pembuatan ekstrak tulang hewan dilakukan berdasarkan metode pembuatan kitosan, melalui 3 tahap yaitu deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi.

Hasil penelitian menunjukkan hasil bahwa tulang hewan tidak mampu mendestabilisasi koloid dan membentuk flok. Berdasarkan uji FTIR, pada tulang hewan tidak ditemukan gugus amina yang memegang peranan penting dalam proses koagulasi dan flokulasi.

Kata Kunci : koagulan alami, pengolahan air, tulang hewan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TEST IN USING ANIMAL BONES AS NATURAL COAGULANT FOR RIVER WATER TREATMENT

Name : Hana Puspitasari
Student Number : 3311 100 033
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

ABSTRACT

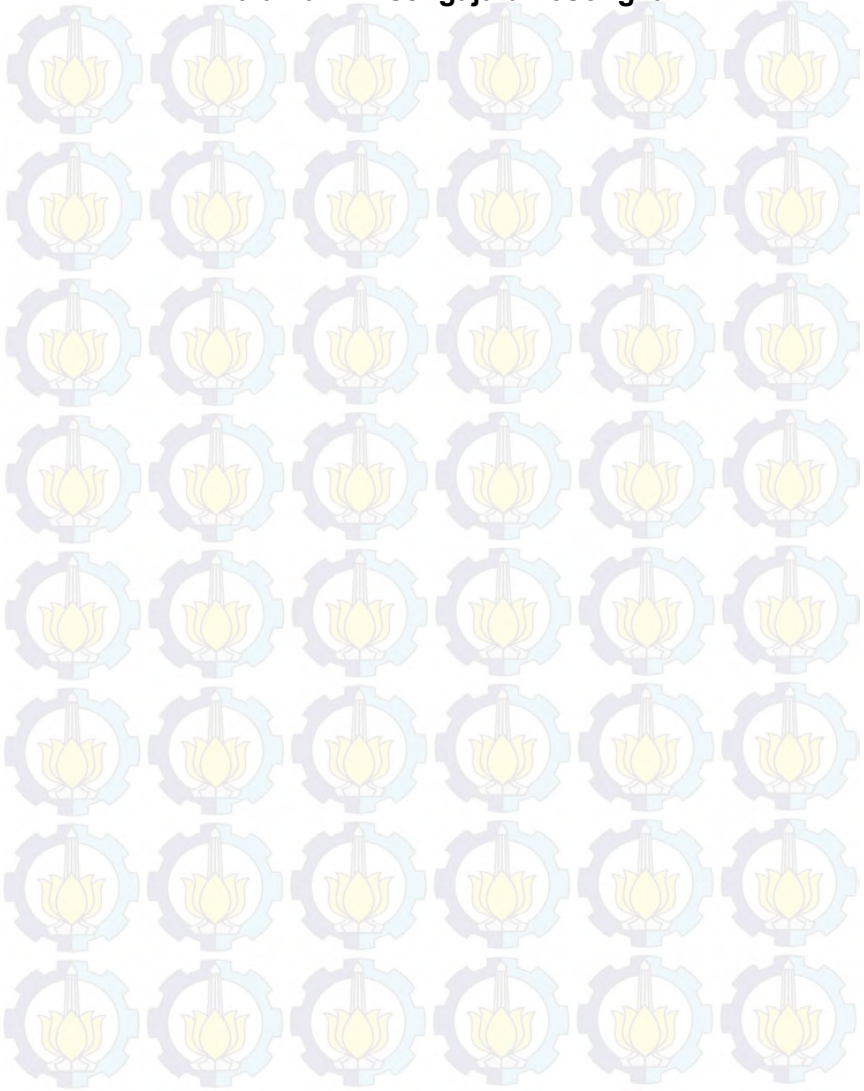
The most complex problem in process of treating clean water in urban area is about turbidity removal. Coagulation flocculation is the most common method which is used to solve this problem. In the other hand, adding chemical coagulant in this process causes health problems in advance level and also give significant impact for pH level. Animal bones is a potential innovation as it has the similar characteristic as chitosan which is found as natural coagulant based on its active protein.

This experiment is using three kind of animal bones; chicken bones, cow bones, and fish bones. Following the method of chitosan extraction, coagulant formation from animal bones are processed by three steps; deproteination, demineralization, and deasetilation.

Based on te result of jartest analysis and also FTIR test, animal bones is not found as an effective coagulant. It's caused by non-active amina which has important function for floccs formation.

Keyword : animal bones, natural coagulant, water treatment

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, laporan tugas akhir yang berjudul “UJI PEMANFAATAN TULANG HEWAN SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA PENGOLAHAN AIR SUNGAI” ini dapat terselesaikan tepat waktu. Dalam penyusunan laporan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

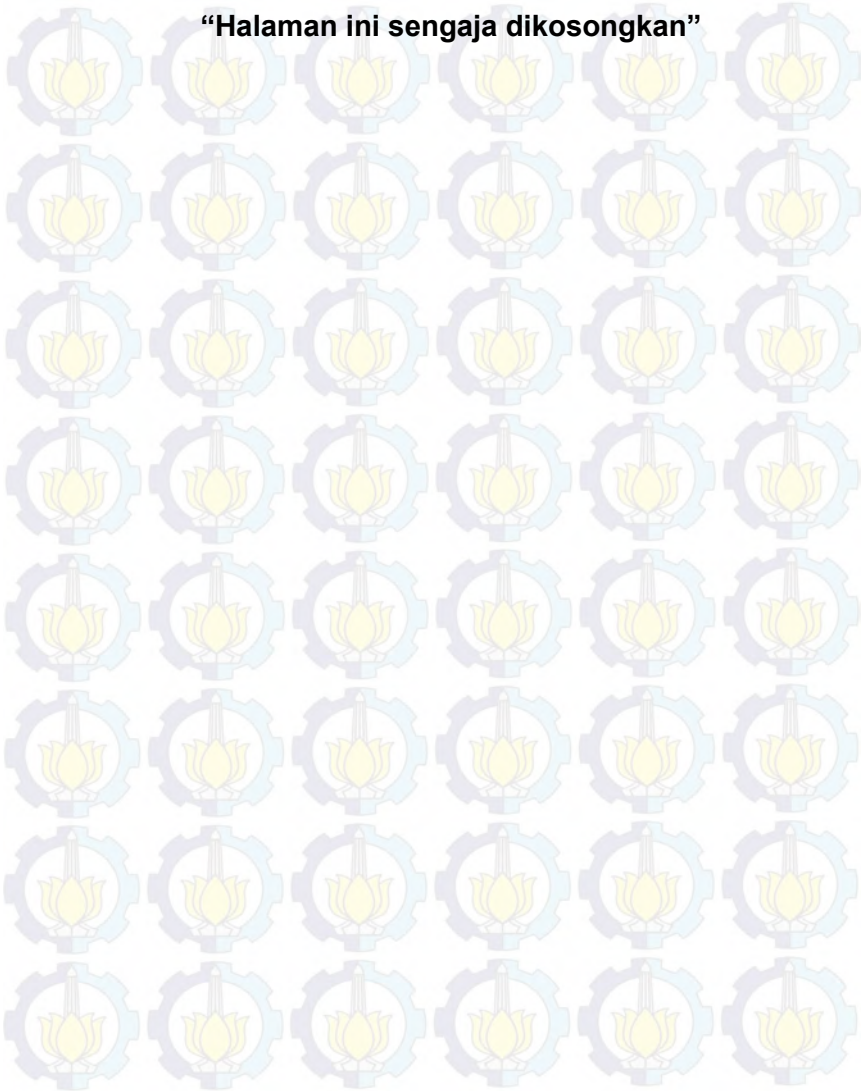
1. Kedua orang tua yang tanpa hentinya memberikan doa dan semangat
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir
3. Ir. M. Razif, M.M., Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., dan Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dalam penyelesaian tugas akhir ini
4. Para laboran jurusan Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini
5. Teman-teman lab MKL yang telah berjuang bersama dalam mengerjakan tugas akhir
6. Teman-teman angkatan 2011 yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata penyusun menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan laporan ini. Semoga dapat memberika manfaat kepada pembaca.

Surabaya, 30 Juli 2015

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sumber-sumber Air Baku.....	5
2.2 Penggolongan Air.....	6
2.3 Zat Koloid	6
2.4 Proses Koagulasi dan Flokulasi.....	8
2.5 Koagulan.....	10
2.6 Jar Test.....	14
2.7 Tulang Hewan.....	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Umum.....	18
3.2 Kerangka Penelitian.....	18
3.3 Persiapan Penelitian.....	18
3.4 Penelitian Pendahuluan.....	24
3.5 Penelitian Tahap I.....	24
3.6 Penelitian Tahap II.....	25
3.7 Penelitian Tahap III.....	26
3.8 Penelitian Tahap IV.....	26
3.9 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.10 Hasil dan Pembahasan.....	27
3.11 Kesimpulan dan Saran.....	27

BAB 4 ANALISAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan.....	29
4.2 Penelitian Tahap I.....	30
4.3 Penelitian Tahap II.....	34
4.4 Penelitian Tahap III.....	38
4.5 Penelitian Tahap IV.....	42
4.6 Penelitian Lanjutan.....	50

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA.....	xiii
---------------------	------

LAMPIRAN A.....	xv
-----------------	----

LAMPIRAN B.....	xxvii
-----------------	-------

DAFTAR GAMBAR

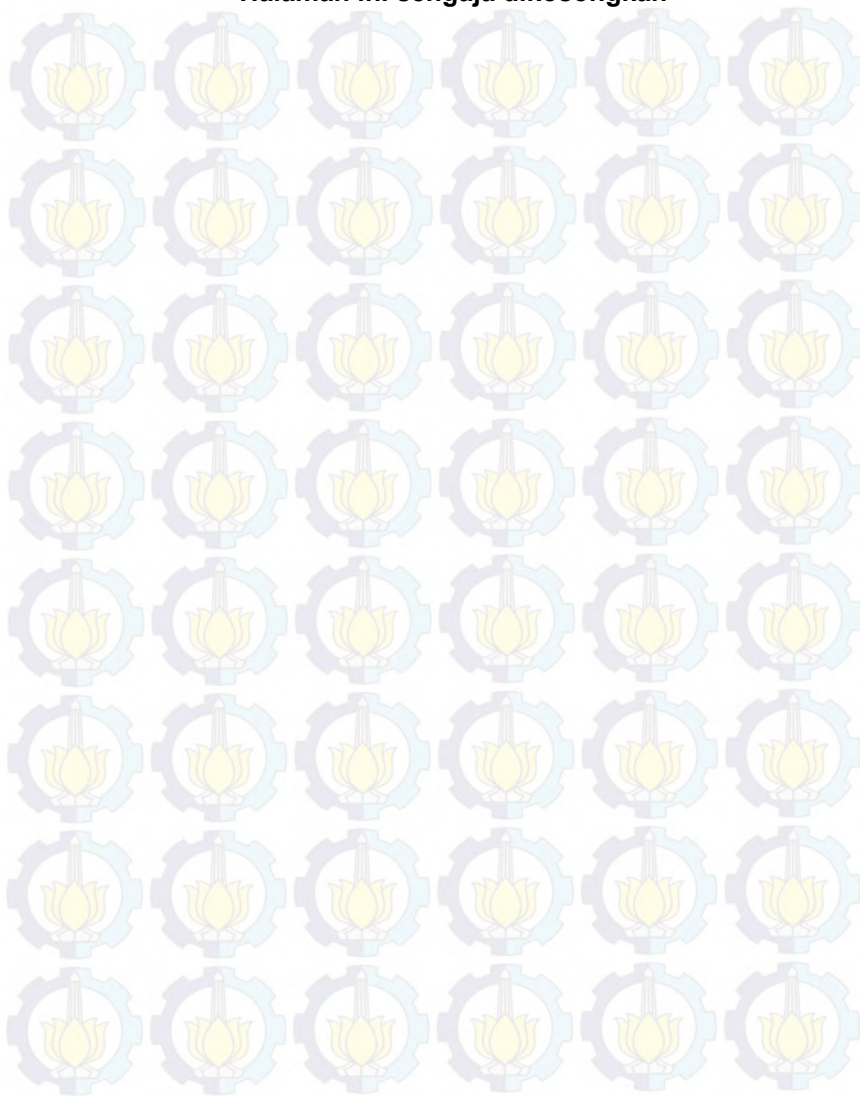
Gambar 2.1	Proses Pengadukan.....	9
Gambar 2.2	Proses Pembentukan Flok.....	10
Gambar 3.1	Kerangka Peneitian.....	16
Gambar 4.1	Prosentase Peningkatan Kekeruhan Berdasarkan Uji Jarrest Menggunakan Tulang Hewan	29
Gambar 4.2	Hasil Uji FTIR Kitosan.....	31
Gambar 4.3	Hasil Uji FTIR Tulang Sapi.....	32
Gambar 4.4	Hasil Uji FTIR Tulang Ayam.....	32
Gambar 4.5	Hasil Uji FTIR Tulang Ikan.....	32
Gambar 4.6	Nilai pH Berdasarkan Uji Dosis Optimum Tawas	35
Gambar 4.7	Prosentase Penurunan Kekeruhan pada Uji Dosis Optimum Tawas	36
Gambar 4.8	Nilai pH Berdasarkan Uji Pengaruh..... Kecepatan Pengadukan	37
Gambar 4.9	Prosentase Penurunan Kekeruhan dan.. TSS pada Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan	38
Gambar 4.10	Nilai pH Berdasarkan Uji Jarrest..... Menggunakan Tulang sebagai Koagulan	39
Gambar 4.11	Prosentase Penurunan TSS Menggunakan Tulang sebagai Koagulan	39
Gambar 4.12	Prosentase Penurunan Kekeruhan Menggunakan Tulang sebagai Koagulan	40
Gambar 4.13	Perbandingan Hasil Uji Kekeruhan Menggunakan Tulang Tanpa Aktivasi dan Tulang Setelah Aktivasi	41
Gambar 4.14	Prosentase Penurunan Kekeruhan..... Menggunakan Kombinasi Tawas dan Tulang sebagai Koagulan	44
Gambar 4.15	Prosentase Penurunan TSS..... Menggunakan Kombinasi Tawas dan Tulang sebagai Koagulan	44
Gambar 4.16	Nilai pH Menggunakan Kombinasi PAC.. dan Tulang sebagai Koagulan	46

Gambar 4.17	Prosentase Penurunan Kekeruhan..... Menggunakan Kombinasi PAC dan Tulang sebagai Koagulan	47
Gambar 4.18	Prosentase Penurunan TSS..... Menggunakan Kombinasi PAC dan Tulang sebagai Koagulan	47
Gambar 4.19	Nilai pH Menggunakan Kombinasi..... Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan	48
Gambar 4.20	Prosentase Penurunan Kekeruhan..... Menggunakan Kombinasi Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan	49
Gambar 4.21	Prosentase Penurunan TSS..... Menggunakan Kombinasi Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan	50
Gambar 4.22	Prosentase Penurunan Kepadatan.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran Partikel Dan Waktu Pengendapan.....	6
Tabel 2.2	Konstanta KT dan KL berdasarkan jenis..... impeller	15
Tabel 2.3	Unsur Mineral Esensial pada Tulang.....	18
Tabel 3.1	Komposisi Dosis Tulang Hewan dan Koagulan Lain	26
Tabel 4.1	Daerah Frekuensi Pembacaan Gambar FTIR...	33
Tabel 4.2	Nilai G.Td Pengadukan Cepat.....	34
Tabel 4.3	Nilai G.Td Pengadukan Lambat.....	34
Tabel 4.4	Kecepatan Pengadukan.....	36
Tabel 4.5	Hasil Uji Dosis Optimum Tawas.....	42
Tabel 4.6	Komposisi Kombinasi Dosis Tawas dan..... Tulang	43
Tabel 4.7	Hasil Uji Dosis Optimum PAC.....	45
Tabel 4.8	Komposisi Kobinasi Dosis PAC dan Tulang.....	45
Tabel 4.9	Hasil Uji Dosis Optimum Kitosan.....	47
Tabel 4.10	Komposisi Kombinasi Dosis Kitosan dan..... Tulang	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada proses pengolahan air bersih, aspek yang akan banyak diperhatikan adalah proses penyisihan TSS, kekeruhan, serta warna. Penggunaan koagulan kimia adalah metode pengolahan air yang sangat umum di lapangan. Terutama di negara berkembang, metode ini sangat banyak diterapkan. Penggunaan koagulan alami dinyatakan memberikan lebih banyak manfaat daripada koagulan kimia. Pada penggunaan koagulan kimia, masalah yang sering dihadapi adalah batasan pH dan alkalinitas, sedangkan koagulan alami terbukti lebih tahan terhadap penurunan pH yang cukup signifikan. Di sisi lain, *sludge* yang dihasilkan dari proses koagulasi flokulasi dengan menggunakan koagulan alami dinyatakan 4-5 kali lebih padat dibandingkan dengan koagulan alum, sehingga penyisihan kekeruhan akan lebih optimal (Pise and Halkude, 2012). Pada tingkatan pengolahan yang lebih tinggi yaitu pada pengolahan air minum, penggunaan koagulan alum yang mengandung *aluminium salts*, jika dikonsumsi akan berdampak pada penyakit Alzheimer (Miller *et al.*, 1984).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada beberapa jenis koagulan alami seperti kitosan, memperlihatkan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai koagulan yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan tawas, hal ini terlihat dari berkurangnya kekeruhan air meskipun dengan konsentrasi kitosan yang rendah (Mu'minah, 2008). Kitosan memiliki gugus amina (NH_2) yang bersifat nukleofil kuat yang menyebabkan kitosan dapat digunakan sebagai polielektrolit yang bersifat multifungsi dan berperan pada pembentukan flok (Sinardi dkk, 2013). Sifatnya yang polikationik, mudah terdegradasi oleh mikroorganisme, sumbernya adalah khitin yang berasal dari kulit udang juga mudah didapat. Pengolahan khitin menjadi khitosan juga hanya memerlukan teknik yang sederhana (Manurung, 2011).

Tingginya daya konsumsi masyarakat terhadap produk hewani berpotensi untuk menghasilkan sisa sampah berupa tulang dalam jumlah yang cukup tinggi. Misalnya dari proses pemotongan satu ekor sapi dengan berat 500-700 kg, akan didapatkan tulang yang beratnya mencapai 50 kg. Jika tidak diolah, tulang sapi akhirnya menjadi limbah yang berpotensi mengganggu lingkungan (Akbar, 2012). Berdasarkan sifat penyusun yang sama dengan kitosan, tulang hewan pada kelompok unggas (ayam) ditemukan sebagian besar terdiri atas protein kolagen dengan asam amino dengan penyusun utamanya adalah prolin, glisin, dan alanin (Winarno, 1997).

Pada proses pengolahan air bersih skala kota, sumber air yang digunakan sebagai bahan baku umumnya adalah air sungai. Melihat kondisi air sungai perkotaan yang tingkat kekeruhannya cukup tinggi, hal ini tentu membutuhkan proses penyisihan kekeruhan yang cukup tinggi. Dengan metode koagulasi flokulasi yang cukup efektif untuk proses pengolahan air, limbah tulang hewan sangat berpotensi untuk menjadi alternatif koagulan alami baru. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh koagulan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sekaligus dapat menambah nilai ekonomis untuk sampah sisa konsumsi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah tulang hewan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif koagulan alami?
2. Bagaimana efektifitas penggunaan tulang hewan sebagai koagulan alami?


1.3 Tujuan

1. Mengkajikemampuan tulang hewan dalam penggunaannya sebagai alternatif koagulan alami
2. Mengkaji efektifitas penggunaan tulang hewan sebagai koagulan alami

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain :

1. Mendapatkan alternatif koagulan yang murah, sederhana, dan efisien dalam pengolahan air bersih

- 
2. Memberikan data atau informasi tentang efektifitas tulang hewan sebagai bahan alami ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai koagulan

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dengan skala Laboratorium dengan menggunakan metode jar test.
2. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah TSS, kekeruhan (turbidity), dan pH
3. Percobaan menggunakan air sungai Jagir Kota Surabaya.
4. Jenis tulang yang digunakan meliputi tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan.
5. Penelitian dilakukan pada laboratorium Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber-sumber Air Baku

Menurut Ibnu, (1997) Dalam memilih sumber air baku, persyaratan utama adalah harus diperhatikan kualitas, kuantitas, kontinuitas dan biaya yang murah dalam proses pengambilan sampai pada proses pengolahannya. Salah satu sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih yaitu air permukaan.

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber penyediaan air bersih adalah :

1. Air waduk (berasal dari air hujan dan air sungai).
2. Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air).
3. Air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air).

Pada umumnya air permukaan telah terkontaminasi oleh zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh masyarakat. Karakteristik air permukaan yang ada di Indonesia secara umum dapat digolongkan menjadi :

1. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan tinggi.
2. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan rendah sampai sedang.
3. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang temporer.
4. Air permukaan dengan kandungan warna sedang sampai tinggi.
5. Air permukaan dengan tingkat kesadahan tinggi.
6. Air permukaan dengan tingkat kesadahan rendah.

2.2 Penggolongan Air

2.2.1. Penggolongan air menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 20/1990 :

- Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- Golongan B : Air yang digunakan sebagai air baku air minum.

- Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan
- Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan pembangkit tenaga listrik.

2.2.2. Penggolongan air menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/1990 :

1. Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
2. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.
3. Air kolam renang adalah air didalam kolam renang yang digunakan untuk olahraga renang dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.
4. Air pemandian umum adalah air yang digunakan pada tempat pemandian bagi umum, tidak termasuk pemandian untuk pengobatan tradisional dan kolam renang, yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.

2.3 Zat Koloid

Partikel-partikel yang berukuran besar dalam air dapat dihilangkan dengan pengendapan atau sedimentasi. Namun partikel-partikel yang berukuran kecil dan halus tidak dapat dihilangkan dengan cara sedimentasi. Partikel yang halus ini disebut dengan koloid. Koloid dalam air berasal dari alam atau limbah, umumnya bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena air alam banyak mengandung senyawa organik atau anorganik yang bermuatan negatif. Ukuran partikel-partikel dan waktu mengendap partikel tersebut dalam jarak 1 meter dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1. Ukuran Partikel Dan Waktu Pengendapan

No	Jenis Partikel	Ukuran (mm)	Waktu mengendap dalam jarak 1 m
1	Kerikil	10	1 detik
2	Pasir Kasar	1	10 detik
3	Pasir Halus	0.1	25 detik
4	Lumpur	0.01	108 menit

No	Jenis Partikel	Ukuran (mm)	Waktu mengendap dalam jarak 1 m
5	Bakteri	0.001	180 hari
6	Material Koloid	0.0001	755 hari

Sumber : Susanti, 2007

Di dalam air permukaan terdapat partikel-partikel dengan ukuran yang berbeda, antara lain :

1. Zat terlarut mempunyai ukuran butir diameter $< 1\text{ mm}$ dengan fasa homogen. Contohnya molekul dan ion.
2. Koloid mempunyai ukuran butir diameter antara 0,001 mikron hingga 1 mikron dengan fasa homogen atau heterogen. Contoh koloid yang terdapat dalam air permukaan adalah : zat humus, tanah liat, silika dan virus. Sedang yang tergolong dalam zat tersuspensi adalah bakteri, alga, lumpur, pasir dan sisa kotoran organik. Koloid memiliki luas permukaan per unit volum partikel yang sangat besar, maka koloid cenderung menyerap substansi-substansi seperti molekul air dan ion-ion. Selain itu koloid juga akan bermuatan elektrostatik tergantung lingkungannya.

Ada 2 jenis partikel koloid di dalam air :

1. Koloid Hidrofilik
 - a. Mudah terdispersi dalam air.
 - b. Kestabilannya terutama disebabkan oleh affinitas yang besar terhadap air, dibandingkan muatan yang dimilikinya.
2. Koloid Hidrofobik
 - a. Tidak beraffinitas terhadap air.
 - b. Kestabilannya karena muatan yang dimilikinya muatan koloid ini diperoleh dengan adsorpsi ion-ion positif dari air.

Koloid sulit diendapkan karena larutan koloid merupakan larutan yang stabil. Hal ini ditunjukkan dengan massa koloid yang sangat ringan sehingga sulit untuk mengendap. Selain itu, koloid memiliki sifat yang stabil karena dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

1. **Gaya van der Waals.** Gaya ini merupakan gaya tarik-menarik antara dua massa, yang besarnya tergantung pada jarak antar keduanya.
2. **Gaya Elektrostatik.** Gaya elektrostatik adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid pada keadaan yang stabil. Sebagian besar koloid mempunyai muatan listrik. Oksida metalik umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida nonmetalik dan sulfida metalik umumnya bermuatan negatif. Kestabilan koloid terjadi karena adanya gaya tolak antar koloid yang mempunyai muatan yang sama. Gaya ini dikenal sebagai *zeta potensial*.
3. **Gerak Brown.** Gerak ini adalah gerak acak dari suatu partikel koloid yang disebabkan oleh kecilnya massa partikel.

2.4 Proses Koagulasi dan Flokulasi

2.4.1 Proses Koagulasi

Koagulasi adalah proses pencampuran bahan kimia (koagulan) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen. Tujuan utama koagulasi adalah pencampuran koagulan secara lebih merata/homogen. Unit proses yang terlibat dalam proses koagulasi adalah penambahan koagulan kimia ke dalam air baku yang mengandung koloid. Penambahan koagulan akan mengakibatkan destabilisasi, dimana flok yang dalam keadaan stabil menjadi tidak stabil akibat penambahan koagulan tersebut sehingga flok mudah mengendap. Waktu yang terjadi dalam proses koagulasi sangat cepat dan umumnya dalam hitungan detik.

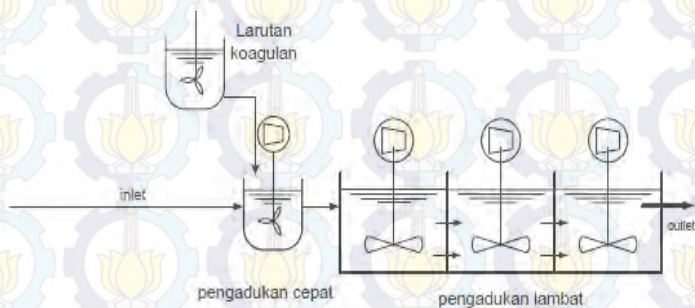
2.4.2 Proses Flokulasi

Menurut Armedi, (2010), Flokulasi merupakan proses lanjutan dari koagulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok besar yang dapat diendapkan dan proses ini dibantu dengan pengadukan lambat. Proses koagulasi flokulasi tidak dapat dipisahkan dalam pengolahan limbah cair industri karena kedua proses ini selalu dilakukan bersama. Mekanisme pembentukan flok-flok dalam proses koagulasi-flokulasi terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap destabilisasi partikel-partikel koloid, tahap

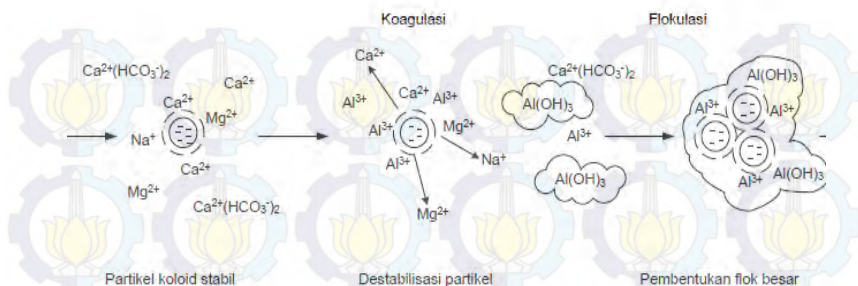
pembentukan mikrofilik dan tahap pembentukan makrofilik. Tahap pertama dan kedua berlangsung selama proses koagulasi, sedangkan tahap ketiga berlangsung selama proses flokulasi. Pembentukan makrofilik dalam proses flokulasi terjadi karena tumbukan-tumbukan antara partikel koloid.

Mekasnisme proses koagulasi dan flokulasi berawal dari adanya pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat).

Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat.



Gambar 2.1 Proses Pengadukan



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Flok

2.5 Koagulan

2.5.1 Definisi Koagulan dan Flokulan

Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Secara umum koagulan berfungsi untuk :

1. Mengurangi kekeruhan akibat adanya partikel koloid anorganik maupun organik.
2. Mengurangi warna yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air.
3. Mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air.

Flokulan merupakan koagulan sekunder yang ditambahkan setelah koagulan primer atau utama bertujuan untuk mempercepat pengendapan, pembentukan dan pengerasan flok. Flokulan terdiri dari berbagai berat molekul polimer yang berkarakter anionik, kationik, dan nonionik. Digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasi pengendapan, penjernihan, penyaringan dan sentrifugasi (Krsistijarti dkk, 2013).

Flokulan anionik akan bereaksi dengan suspensi bermuatan positif (zeta potensial positif), biasanya berupa garam dan hidroksida logam. Flokulan kationik akan bereaksi dengan suspensi bermuatan negatif (zeta potensial negatif), seperti silika dan substansi organik. Namun demikian hal tersebut tidak berlaku umum, sebagai contoh flokulan anionik dapat mengaglomerasi tanah liat (*clays*) yang bersifat elektro negatif.

2.5.2 Jenis Koagulan dan Flokulan

a. Jenis Koagulan

Ada beberapa jenis bahan kimia yang umum dipakai sebagai koagulan, yaitu :

1. Aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Persenyawaan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ disebut juga **tawas**, merupakan bahan koagulan yang paling banyak digunakan karena bahan ini palg ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran, serta mudah penimpanannya. Selain itu bahan ini cukup efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Dengan demikian makin banyak dosis tawas yang ditambahkan pH makin turun, karena dihasilkan asam sulfat sehingga perlu dicari dosis tawas optimum yang harus ditambahkan. Pemakaian tawas paling efektif antara pH 5,8 - 7,4. Untuk pengaturan (menaikkan) pH biasanya ditambahkan larutan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau soda abu (Na_2CO_3).
2. Feri chloride FeCl_3
Bahan ini bersifat korosif, serta tidak tahan penyimpanan lama dan mempunyai sifat asam. Endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ efektif terbentuk pada pH 5,5. Untuk pengaturan pH biasanya ditambahkan larutan kapur. Reaksi yang terjadi dengan bikarbonat, dalam air atau dengan kapur.
3. Fero chloride FeCl_2
Flokulasi dengan ferro ini biasanya akan lebih baik dengan penambahan larutan akpur atau NaOH dengan perbandingan 1 : 2 Fe sebagai pengaturan kondisi flokulasi. Reaksi yang terjadi : Reaksi dengan bikarbonat dan basa membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang sedikit larut dan selanjutnya akan dioksidasi oleh Oksigen terlarut menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak dapat larut.

4. Feri sulphate $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Penggunaan garam feri ini biasanya dipakai untuk koagulasi air buangan industri. Tetapi setelah itu harus diolah lagi untuk menghilangkan Fe yang terdapat dalam air

5. Natrium Aluminat

Bahan ini masih kurang populer penggunaannya. Reaksinya dengan karbohidrat atau CO_2 dalam air: $\text{NaAlO}_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CaCO}_3 + \text{NaHCO}_2$. Pengaruh penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau menaikkan pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk endapan CaCO_3 . Bila kapur yang ditambahkan cukup banyak sehingga pH = 10,5, maka akan terbentuk endapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Kelebihan ion Ca pada pH tinggi dapat diendapkan dengan penambahan soda abu.

b. Jenis Flokulan

Terdapat tiga kelompok flokulanyang saat ini digunakan yaitu; mineral, alami dan sintetis.

1. Flokulan mineral, berupa koloid yang dapat berperan pada beberapa mekanisme flokulasi yaitu mengadsorbsi dan netralisasi muatan. Sebagai contoh adalah silika yang diaktifkan (*activated silica*), tanah liat tertentu (*bentonite clays*), serta hidroksida logam tertentu dengan struktur polimer.

a. Activated Slica

Merupakan sodium silicate yang telah direaksikan dengan sulfuric acid, alumunium sulfate, carbon dioxide, atau klorida. Sebagai koagulan aid, activated silica memberikan keuntungan antara lain meningkatkan laju reaksi kimia, menurunkan dosis koagulan, memperluas jangkauan pH optimum dan mempercepat serta memperkeras flok yang terbentuk. Umumnya digunakan dengan koagulan alumunium dengan dosis 7 – 11% dari dosis alum

b. Bentonite Clays

Digunakan pada pengolahan air yang mengandung zat warna tinggi, kekeruhan rendah dan mineral yang rendah.

2. Flokulan sintetis yang umum digunakan adalah *polyacrilamide* (PAC), sedangkan untuk kegunaan pada kondisi tertentu dipakai *polietilen-imine*, *poliamidaamine*, *poliamine*, *polietilen-oksida*, dan senyawa tersulfonasi. PAC merupakan polimer non-ionik, dapat menjembatani antara partikel dengan rantai polimer, memiliki berat molekul paling tinggi diantara sintesa kimia lainnya. Biasanya kekuatan intrinsik flokulan meningkat seiring meningkatnya berat molekul. Polimer dapat diberikan karakter anionik melalui kopolimerisasi akrilamid dengan asam akrilat. Kopolimerisasi akrilamida dengan monomer kationik menghasilkan polimer kationik.

a. PAC

Polimer aluminium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah aluminium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH . Rumus empirisnya adalah $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$. Dimana : $n = 2, 2,7 < \infty$ 0. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

b. PolyDADMAC

PolyDADMAC merupakan polielektrolit jenis muatan positif (kation). Polimer ini memiliki densitas muatan yang tinggi, maka dapat menggabungkan partikel tersuspensi menjadi efektif dalam proses flokulasi, menghilangkan

warna, membunuh alga, dan menghilangkan zat organik. Penggunaan PolyDADMAC harus dibatasi dalam air karena bersifat karsinogenik.

3. Flokulan alami, merupakan polimer yang larut dalam air, berkarakter anionik, kationik atau nonionik. Polimer nonionik mengadsorpsi partikel tersuspensi. Contoh dari flokulan alami yakni Kitosan.

2.6 Jar Test

Jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metoda pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Berdasarkan metodenya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanis, pengadukan hidrolis, dan pengadukan pneumatis.

Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$$

dalam hal ini:

P = suplai tenaga ke air (N.m/detik)

V = volume air yang diaduk, m^3

μ = viskositas absolut air, N.detik/ m^2

Persamaan ini berlaku umum untuk semua jenis pengadukan. Parameter yang membedakannya adalah besarnya tenaga yang disuplai ke dalam air (P). Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai P bergantung pada metoda pengadukan yang digunakan.

Perhitungan tenaga pengadukan berbeda-beda bergantung pada jenis pengadukannya. Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan putaran alat pengaduk.

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho$$

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D_i^3 \cdot \mu$$

dengan:

P = tenaga, N-m/det.

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = kecepatan putaran, rps

D_i = diameter pengaduk, m

ρ = massa jenis air, kg/m³

K_L = konstanta pengaduk untuk aliran laminar

μ = kekentalan absolut cairan, (N-det/m²).

Nilai Konstanta K_T dan K_L dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Konstanta K_T dan K_L berdasarkan jenis impeller

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shroude turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), $D_i/W_i = 4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 8$	71,0	3,82

Sumber: Reynold & Richards (1996)

Jar test memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter proses seperti :

1. Dosis koagulan dan koagulan pembantu
2. pH
3. Metode pembubuhan bahan kimia (pada atau dibawah permukaan air, pembubuhan beberapa bahan kimia secara bersamaan atau berurutan, lokasi pembubuhan relatif terhadap peralatan pengadukan)
4. Kecepatan larutan kimia

5. Waktu dan intensitas pengadukan cepat dan pengadukan lambat (flokulasi)

6. Waktu penjernihan

Terpisah dari parameter-parameter proses yang disebutkan di atas, variable variable berikut juga harus dimonitor dan dikontrol, yaitu seperti :

1. Temperatur air di dalam gelas beaker jar.
2. Kekeruhan, warna air baku dan air yang telah diolah.
3. Metode pengeluaran contoh (sample) air.
4. Peralatan percobaan laboratorium dan prosedur analisa laboratorium

1.6.1 Pengadukan Cepat

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik^{-1}) selama 5 hingga 60 detik atau nilai Gt_d (bilangan Champ) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai G dan t_d bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat.

1. Untuk proses koagulasi-flokulasi:
 - a. Waktu detensi = 20 - 60 detik
 - b. $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
2. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):
 - a. Waktu detensi = 20 - 60 detik
 - b. $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
3. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - a. Waktu detensi = 0,5 - 6 menit
 - b. $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
4. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:
 - a. Pengadukan mekanis
 - b. Pengadukan hidrolis
 - c. Pengadukan pneumatis

1.6.2 Pengadukan Lambat

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik^{-1}) selama 10 hingga 60 menit atau nilai $G\tau d$ (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flock yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flock yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan membentuk gumpalan yang lebih besar.

Secara spesifik, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut:

1. Untuk air sungai:
 - a. Waktu detensi = minimum 20 menit
 - b. $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
2. Untuk air waduk:
 - a. Waktu = 30 menit
 - b. $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
3. Untuk air keruh:
 - a. Waktu dan G lebih rendah
4. Bila menggunakan garam besi sebagai koagulan:
 - a. G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
5. Untuk flokulator 3 kompartemen:
 - a. G kompartemen 1 : nilai terbesar
 - b. G kompartemen 2 : 40 % dari G kompartemen 1
 - c. G kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):
 - a. Waktu detensi = minimum 30 menit
 - b. $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
7. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - a. Waktu detensi = 15 - 30 menit
 - b. $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
 - c. $G\tau d = 10.000 - 100.000$
8. Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:
 - a. Pengadukan mekanis
 - b. Pengadukan hidrolis

1.7 Tulang Hewan

1.7.1 Definisi Tulang

Tulang adalah jaringan ikat yang rumit dan sangat terorganisir yang secara fisik merupakan jaringan yang keras, kaku dan kuat. Pada umumnya penyusun tulang diseluruh tubuh manusia dan hewan semuanya berasal dari material yang sama dan terdiri dari lapisan-lapisan tertentu.

2.7.2 Komposisi Penyusun Tulang

Secara kimiawi komposisi penyusun tulang pada basis berat, terdiri dari kurang lebih 69% anorganik, 22% organik dan 9% air. Sedangkan basis volume yaitu 40% anorganik, 35% organik dan 25% air. Fasa organik utama dari tulang adalah kolagen (90% berat) dan sejumlah kecil senyawa lain termasuk *glycosaminoglycans* (GAGs), *proteoglycans* dan glikoprotein (Darmayanto, 2009).

Pada tulang hewan secara umum terdapat unsur-unsur mineral esensial makro dan mikro yang dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Unsur Mineral Esensial pada Tulang

Unsur Makro		Unsur Mikro	
Kation Utama	Anion Utama	Kation	Anion
Kalsium	Fosfor	Mangan	Kobalt
Magnesium	Klor	Besi	Molibdenum
Natrium	Sulfur	Tembaga	Selenium
Kalium		Iodium	Khrom
		Seng	Timah
		Fluor	Nikel
		Vanadium	Silikon

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian ini digunakan sebagai acuan dasar dalam melaksanakan penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian kinerja koagulan dengan menggunakan metode jar tes.. Pada penelitian ini digunakan dua variasi yaitu variasi jenis tulang sebagai koagulan dan variasi terhadap dosis koagulan pada proses jar tes.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar pemikiran dan rangkaian kegiatan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir. Hal ini diharapkan pelaksanaan tugas akhir dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis dengan tujuan yang jelas pada setiap tahap pelaksanaannya. Adapun kerangka penelitian untuk studi diGambarkan dalam gambar 3.1.

3.3 Persiapan Penelitian

3.3.1 Persiapan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Jar Test Analyzer
2. pH meter
3. Turbidimeter
4. Oven
5. Neraca Analitik
6. Desikator
7. Spatula
8. Mortar
9. Magnetic Stirrer
10. Pemanas Listrik
11. Vacuum pump
12. Glassware meliputi gelas ukur, pipet volumetrik, pipet tetes, beaker glass 1L, cawan porselen

PERMASALAHAN

1. Penggunaan koagulan kimia pada proses pengolahan air seringkali memberikan batasan pada pH dan alkalinitas, serta pada kadar tertentu berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan jika dikonsumsi.
2. Penggunaan koagulan alami terbukti lebih tahan terhadap penurunan pH yang signifikan serta kekeruhan yang berhasil di removal dinyatakan lebih optimal.
3. Tingginya daya konsumsi masyarakat terhadap produk hewani, menyisakan banyak tulang hewan non konsumsi yang berpotensi meningkatkan jumlah sampah.

IDE PENELITIAN

1. Berdasarkan persamaan kandungan chitosan yang telah lebih dahulu digunakan sebagai koagulan alami, tulang hewan memiliki gugus amina yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai alternatif koagulan alami
2. Meningkatkan nilai ekonomis limbah tulang hewan

RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Apakah tulang hewan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif koagulan alami?
2. Bagaimana efektifitas penggunaan tulang hewan sebagai koagulan alami?

A

A

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini antara lain :

1. Mengkaji apakah tulang hewan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif koagulan alami
2. Mengkaji efektifitas penggunaan tulang hewan sebagai koagulan alami

STUDI LITERATUR

Literatur mengenai teori proses koagulasi dan flokulasi pada pengolahan air, jenis koagulan, penggunaan koagulan alami dengan jenis bahan yang lain, kandungan tulang hewan, metode jar tes

PERSIAPAN PENELITIAN

Tahap ini merupakan tahap persiapan seluruh alat dan bahan uji penelitian. Bahan uji menggunakan 3 jenis variasi yaitu :

1. Tulang Ayam
2. Tulang Ikan
3. Tulang Sapi

B

B

PENELITIAN PENDAHULUAN

Pada tahap ini akan dilakukan uji kemampuan tulang hewan sebagai koagulan dengan perlakuan yaitu dengan difurnace

PENELITIAN TAHAP I

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan koagulan dari ekstrak tulang hewan melalui beberapa tahapan berikut :

1. Deproteinasi Tulang
2. Demineralisasi Tulang
3. Deasetilasi Tulang
4. Pembuatan Koagulan
5. Uji FTIR

PENELITIAN TAHAP II

Pada tahap ini akan dilakukan uji optimasi proses Jar Test berdasarkan gradien pengadukan yang meliputi parameter berikut :

1. Kecepatan pengadukan
2. Lama pengadukan

C



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3.2 Persiapan Bahan Uji

Bahan uji pada penelitian ini meliputi 3 jenis variasi yaitu tulang ayam, tulang ikan, dan tulang sapi. Seluruh tulang hewan akan dikumpulkan dalam keadaan segar atau belum mengalami proses apapun. Tulang sapi dan tulang ayam akan dikumpulkan dengan cara membeli di tempat pemotongan hewan atau pasar tradisional. Sedangkan tulang ikan akan dikumpulkan dari tempat usaha atau *home industri* otak-otak bandeng di Kota Gresik.

Pada penelitian tahap I hingga tahap IV dibutuhkan bahan atau reagen tambahan, antara lain :

1. NaOH
2. HCl
3. Sampel Air Sungai Jagir
4. Asam Asetat
5. Aquades
6. Aluminium Sulfat
7. PAC
8. Kitosan

3.4 Penelitian Pendahuluan

Tulang Hewan yang telah dikumpulkan dari sisa rumah makan di Kota Surabaya diklasifikasikan berdasarkan jenisnya. Tulang dicuci dengan air bersih agar terpisah dari kotoran yang menempel. Selanjutnya tulang dioven selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Setelah benar-benar kering, tulang ditumbuk dengan mortar hingga halus dan berbentuk serbuk.

Tulang yang telah berbentuk serbuk diberi perlakuan yaitu difurnace. Setelah diberi perlakuan, tulang hewan diuji kemampuannya sebagai koagulan dengan menggunakan jartest.

3.5 Penelitian Tahap I

3.5.1 Deproteinasi Tulang Hewan

Sebanyak 50 g serbuk tulang dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 L, lalu ditambahkan 500 mL larutan NaOH 3,5%, sehingga perbandingan serbuk dan pelarutnya 1 : 10 (berat/volume) lalu dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam. Selanjutnya padatan disaring dengan penyaring kain, dicuci dengan aquades hingga pH netral. Padatan yang diperoleh

(padatan tulang) dikeringkan dalam oven dengan suhu 65°C selama 24 jam.

3.5.2 Demineralisasi Tulang Hewan

Padatan tulang yang telah didapatkan dari proses sebelumnya dimasukkan ke dalam larutan HCl 1 M, dengan perbandingan tulang dan pelarutnya 1 : 15 (berat/volume). Campuran dipanaskan pada suhu 65°C, selama 2 jam, kemudian disaring. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquades untuk menghilangkan HCl yang tersisa. Lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama 24 jam.

3.5.3 Deasetilasi Tulang Hewan

Padatan tulang yang telah didapatkan dari proses sebelumnya dimasukkan ke dalam larutan NaOH 50%, dengan perbandingan tulang dan pelarutnya 1 : 20 (berat/volume). Campuran dipanaskan pada suhu 100°C, selama 2 jam, kemudian disaring. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquades untuk menghilangkan NaOH yang tersisa. Lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama 24 jam.

3.5.4 Pembuatan Koagulan

Ekstrak tulang dilarutkan pada asam asetat 1% dengan perbandingan tulang dan pelarutnya 1 : 100 (berat/volume)

3.5.5 Uji FTIR

Uji berdasarkan infra merah ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada tulang hewan, sehingga kapabilitasnya sebagai koagulan dapat diketahui secara uji ilmiah. Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3.6 Penelitian Tahap II

3.6.1 Penentuan Gradien Pengadukan Optimum

Percobaan penentuan gradien pengadukan optimum dilakukan dengan cara membuat variasi kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan. Pada tahap pengadukan cepat dibuat variasi kecepatan pengadukan sebesar 80 rpm, 100 rpm, dan 120 rpm dengan waktu pengadukan selama 1 menit. Selanjutnya pada tahap pengadukan lambat dibuat variasi kecepatan pengadukan sebesar 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm dengan waktu pengadukan selama 15 menit.

3.7 Penelitian Tahap III

3.7.1 Running Jar Test

Pada proses running jar test, koagulan yang digunakan adalah dari ekstrak murni dari tulang yang telah didapat dari proses sebelumnya. Selain itu, pada proses ini juga akan digunakan tawas sebagai koagulan pembanding. Sampel yang akan digunakan pada uji koagulasi-flokulasi diambil dari air sungai Jagir Kota Surabaya. Sampel yang akan diuji jar test sudah melewati proses pengendapan I, sehingga pada proses jar test air sungai hanya mengandung pertikel tersuspensi, dan diharapkan kinerja koagulan tulang lebih optimal. Proses pengendapan I dilakukan dengan cara mendinginkan air sampel ke dalam bak berukuran 10 L selama 2 jam. Proses pengadukan jar test dilakukan berdasarkan prosedur yang terlampir pada lampiran A.

Penentuan variasi penambahan dosis koagulan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan dengan cara membuat range variasi yang cukup ekstrim dimulai dari 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L dan 1000 mg/L. Setelah didapatkan dosis optimum, dilakukan tahap kedua dengan cara mempersempit range variasi. Misalnya didapatkan dosis optimum sebesar 100 mg/L, maka dibuat variasi 80 mg/L, 90 mg/L, 110 mg/L, 120 mg/L, dan seterusnya.

3.8 Penelitian Tahap IV

Pada tahap ini, dilakukan running jar test dengan mengombinasikan tulang hewan dengan beberapa koagulan yaitu tawas, PAC, dan juga kitosan. Komposisi tulang dengan koagulan tawas, PAC, dan kitosan diatur sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Dosis Tulang Hewan dan Koagulan Lain

Dosis Tulang Hewan (%)	Dosis Koagulan Tawas/ PAC/ Kitosan (%)
100	0
75	25
50	50
25	75

Dosis Tulang Hewan (%)	Dosis Koagulan Tawas/ PAC/ Kitosan (%)
0	100

Sumber : Rencana Penelitian

Dosis tulang dan koagulan yang ditambahkan ditentukan berdasarkan komposisi dikalikan dosis optimum koagulan tawas, PAC, dan kitosan.

3.9 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Penelitian diperkirakan akan berlangsung selama 2 bulan.

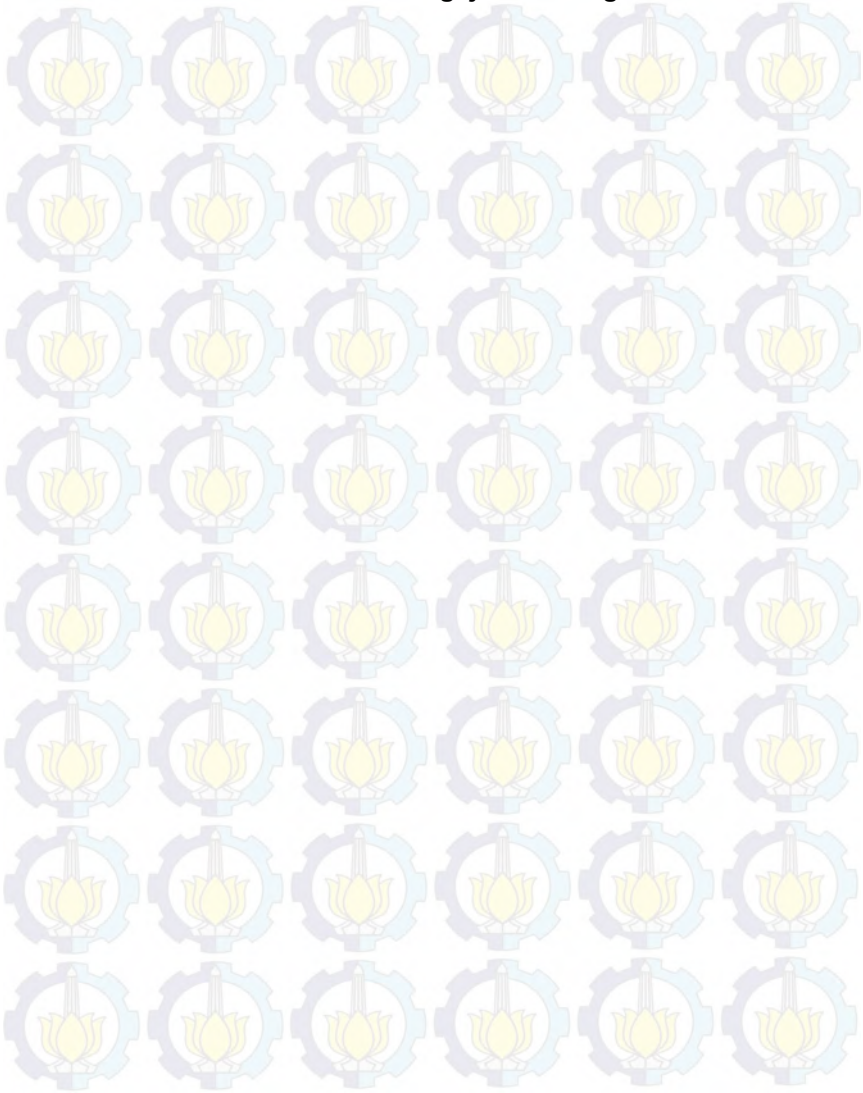
3.10 Analisa dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah nilai dari parameter-parameter yang diukur. Meliputi pH, kekeruhan dan TSS. Parameter pH diukur dengan alat pH meter, parameter kekeruhan diukur dengan alat turbidimeter, sedangkan parameter TSS diukur dengan menggunakan metode gravimetri. Data penelitian dicari berdasarkan variasi variable jenis koagulan dan dosis penambahan koagulan pada proses jar test.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian dan menjawab perumusan masalah. Saran diberikan untuk perbaikan dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



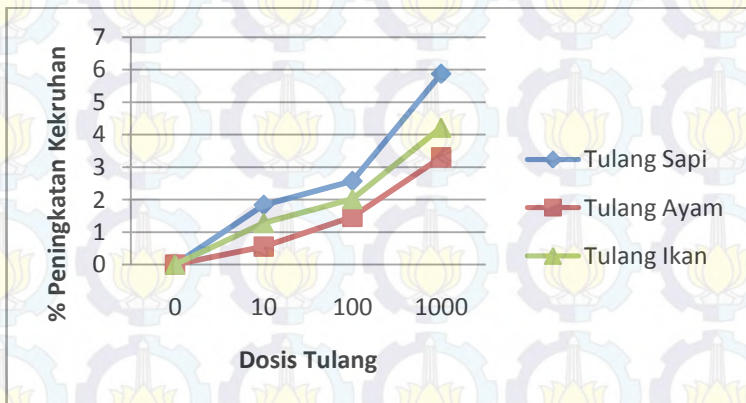
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji kemampuan tulang hewan sebagai alternatif koagulan alami yang ramah lingkungan.

1.1 Penelitian Pendahuluan

Dari ketiga jenis bahan yang berbeda, meliputi tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan masing-masing dihancurkan hingga berbentuk butiran halus. Selanjutnya tulang difurnace selama 1 jam untuk menghilangkan zat-zat organiknya hingga didapatkan mineral yang terkandung dalam tulang. Setelah difurnace, tulang diuji dengan menggunakan metode jartest. Dari proses jartest didapatkan hasil bahwa penambahan tulang setelah difurnace tidak menghasilkan endapan flok atau tidak mampu menurunkan zat-zat koloid yang terdapat pada sampel. Hal ini dikarenakan kandungan mineral makro dalam tulang hewan berupa kation 2^+ yang tidak cukup kuat untuk mendestabilisasi koloid dan membentuk inti flok, jika dibandingkan dengan kation 3^+ . Hasil jartest dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Prosentase Penurunan Kekruhan Berdasarkan Uji Jartest Menggunakan Tulang Hewan

1.2 Penelitian Tahap I

Setelah melalui penelitian pendahuluan dan didapatkan hasil bahwa dengan cara difurnace tulang hewan tidak dapat digunakan sebagai kagulan, sehingga dilakukan proses lanjutan untuk mengaktivasi zat-zat yang mungkin dapat ditemukan sebagai pembentuk flok. Proses ini dilakukan berdasarkan metode pembuatan kitosan dari cangkang hewan *crustacea*.

1.2.1 Deproteinasi

Proses deproteinasi bertujuan untuk membentuk kompleks yang lebih stabil. Dari proses deproteinasi, sebanyak 20 gram dari masing-masing tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan didapatkan hasil padatan tulang sapi sebesar 14,4 gram, tulang ayam sebesar 10,2 gram, dan tulang ikan sebesar 11,6 gram.

1.2.2 Demineralisasi

Penambahan larutan HCl akan bereaksi dengan mineral-mineral yang terkandung dalam tulang sehingga terbentuk garam-garam yang dapat larut dalam pelarut sehingga mudah dihilangkan dan akan terbentuk gas CO₂ yang dapat terpisah dari campuran berupa gelembung-belembung udara (Sinardi dkk, 2013). Dari proses demineralisasi didapatkan padatan tulang sapi sebesar 8,7 gram, tulang ayam sebesar 6,6 gram, dan tulang ikan sebesar 7,9 gram.

1.2.3 Deasetilasi

Pada proses pembuatan kitosan, deasetilasi dilakukan untuk menghilangkan gugus asetil yang berikatan dengan gugus amina menggunakan NaOH pekat agar ikatan C-N gugus asetamida pada atom C-2 pada asetamida kitin dapat terputus, sehingga terbentuk gugusamina (-NH₂) pada kitosan (Sinardi dkk, 2013). Dari proses deasetilasi didapatkan hasil padatan tulang sapi sebesar 5,2 gram, tulang ayam sebesar 3,9 gram, dan tulang ikan sebesar 4,5 gram.

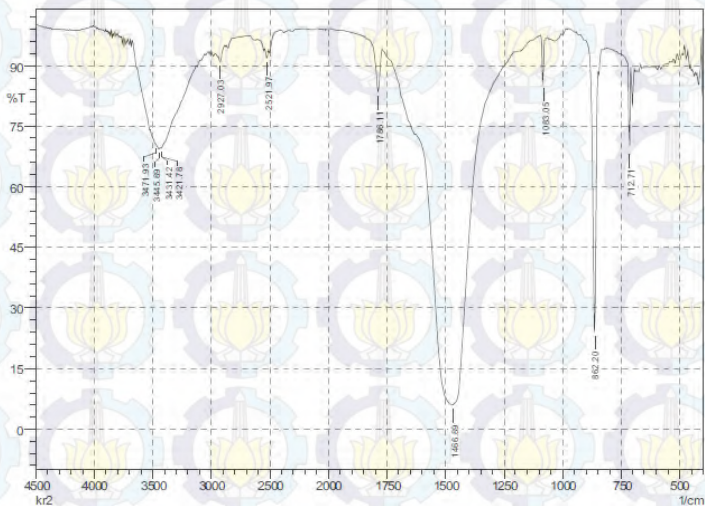
1.2.4 Pembuatan larutan koagulan

Menurut Sinardi, dkk (2013) Kitosan yang terdiri dari gugus amina dan hidroksil bersifat basa sehingga dapat bereaksi dengan asam. Untuk mempermudah proses koagulasi maka kitosan dilarutkan terlebih dahulu dengan menggunakan asam sehingga didapatkan larutan kitosan. Mekanisme tersebut didasarkan pada sifat kitosan yang mengandung gugus amina

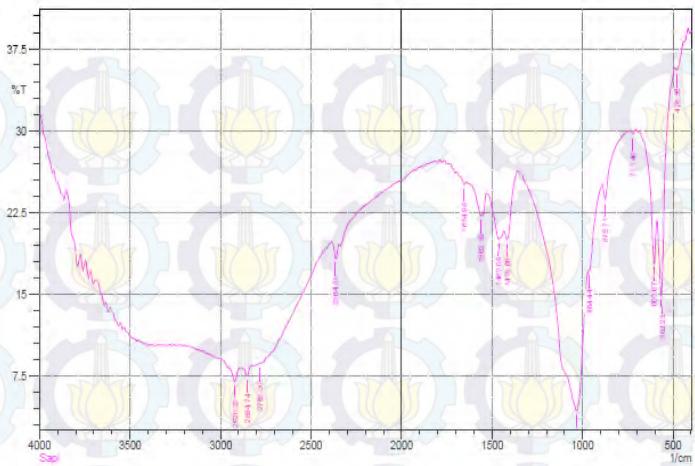
yang apabila bereaksi dengan asam maka akan membentuk garam. Sehingga kitosan yang tidak dapat larut dalam air harus dilarutkan kedalam asam. Mengikuti metode pembuatan koagulan dari kitosan, sebanyak 1 gram masing-masing tulang dilarutkan pada 100 ml larutan asam asetat 1% untuk membuat larutan koagulan 1%.

1.2.5 Uji FTIR

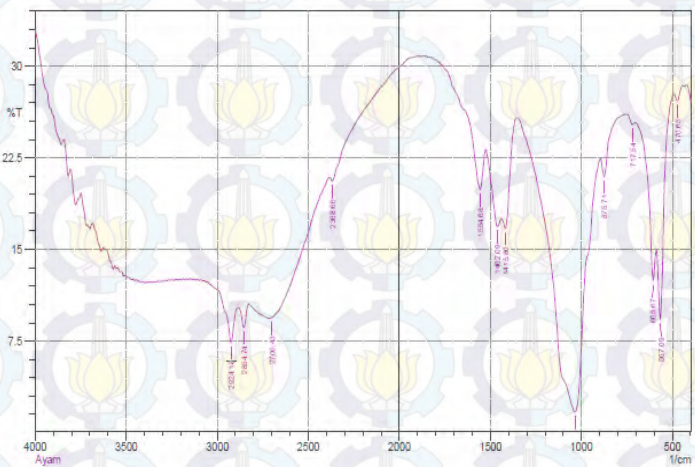
Uji berdasarkan serapan infra merah ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang dimiliki oleh tulang hewan serta akan dibandingkan dengan gugus fungsi yang dimiliki oleh kitosan sehingga dapat diketahui apakah tulang hewan dapat digunakan sebagai koagulan atau pembentuk flok. Uji FTIR dilakukan di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS. Hasil uji FTIR Tulang Sapi, Tulang Ayam, dan Tulang Ikan dapat dilihat pada Gambar 4.2, hingga Gambar 4.5



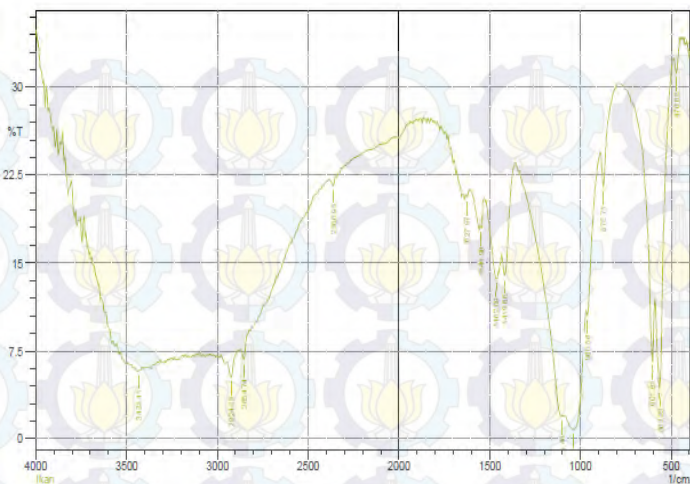
Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR Kitosan



Gambar 4.3Hasil Uji FTIR Tulang Sapi



Gambar 4.4Hasil Uji FTIR Tulang Ayam



Gambar 4.5 Hasil Uji FTIR Tulang Ikan

Tabel 4.1 Daerah Frekuensi Pembacaan Gambar FTIR

Daerah Frekuensi (cm ⁻¹)	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
3300 - 3500	N - H	Amina, Amida	Sedang
3200 - 3600	O - H	Hidroksil	Berubah-ubah
2927.03	C - H	Alkana	Kuat
2521.97	O - H	Hidroksil	Melebar
1466.89	C - H	Alkana	Kuat
1083.05	C - O	Asam karboksilat	Kuat
862.20	C - H	Alkena	Sedang kuat

Pada hasil serapan infra merah kitosan, gugus hidroksil berada pada panjang gelombang (.) 3200 – 3600 cm⁻¹ dan 2521.97cm⁻¹ sedangkan gugus amida berada pada panjang gelombang 3300 - 3500 cm⁻¹. Gugus hidroksil dan amina menjadi titik yang sangat perlu diperhatikan karena kedua gugus tersebut memainkan peranan penting pada mekanisme pembentukan flok. Adanya gugus aminadan hidroksil yang bertindak sebagai donor elektron. Karena sifat-sifat itu, kitosan bisaberinteraksi dengan partikel-partikel koloid yang terdapat di dalam air melalui proses jembatan antar partikel flokkoagulasi (Chung dkk, 1996)

Sedangkan pada hasil serapan infra merah tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan tidak ditemukan gugus amina yang merupakan komponen utama dalam pembentukan flok.

1.3 Penelitian Tahap II (Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan)

Untuk mendapatkan proses jartest yang optimal, dalam penelitian ini dilakukan uji pengaruh kecepatan pengadukan dengan cara membuat variasi kecepatan pada proses flashmix dan variasi kecepatan pada proses slowmix. Kecepatan pada proses pengadukan cepat dibuat dalam variasi 80 rpm, 100 rpm, dan 120 rpm. Sedangkan kecepatan pada proses pengadukan lambat dibuat dalam variasi 40 rpm, 50 rpm, dan 60 rpm. Dari variasi kecepatan tersebut dapat diketahui nilai G.Td nya seperti yang tercantum pada tabel 4.2 dan 4.3 dengan kriteria desain berdasarkan Hadi (2012).

Tabel 4.2 Nilai G.Td Pengadukan Cepat

Kecepatan pengadukan (rpm)	G	Td	G.Td	Kriteria Desain G.Td ($10^4 - 10^5$)
80	122,79	60,00	7367,31	Tidak Memenuhi
100	171,60	60,00	10296,13	Memenuhi
120	225,58	60,00	13534,62	Memenuhi

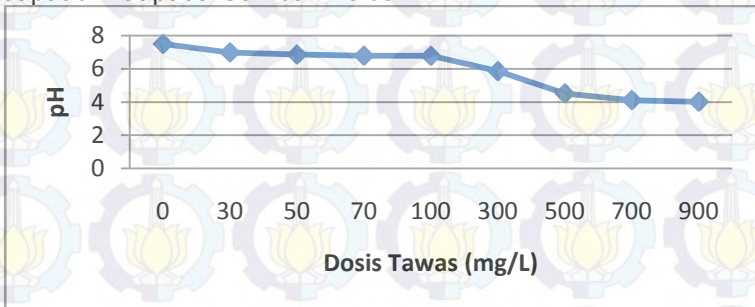
Sumber : Hasil Pehitungan

Tabel 4.3 Nilai G.Td Pengadukan Lambat

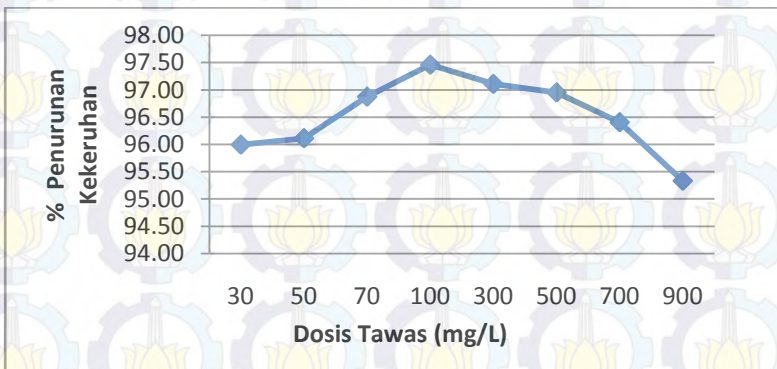
Kecepatan pengadukan (rpm)	G	Td	G.Td	Kriteria Desain G.Td ($10^4 - 10^5$)
40	43,41	900,00	39071,07	Memenuhi
50	60,67	900,00	54603,48	Memenuhi
60	79,75	900,00	71778,14	Memenuhi

Sumber : Hasil Pehitungan

Dari tabel diatas diketahui bahwa pada kecepatan pengadukan 80 rpm untuk pengadukan cepat nilai G.Td nya tidak memenuhi, namun pada uji ini akan dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap proses koagulasi flokulasi. Uji ini dilakukan dengan menggunakan koagulan tawas dengan dosis sebanyak 100 mg/L. Dosis ini ditambahkan berdasarkan uji pendahuluan untuk menentukan dosis optimum pada kecepatan pengadukan flashmix sebesar 100 rpm dan kecepatan pengadukan slowmix sebesar 50 rpm. Hasil uji dosis optimum dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 Nilai pH Berdasarkan Uji Dosis Optimum Tawas



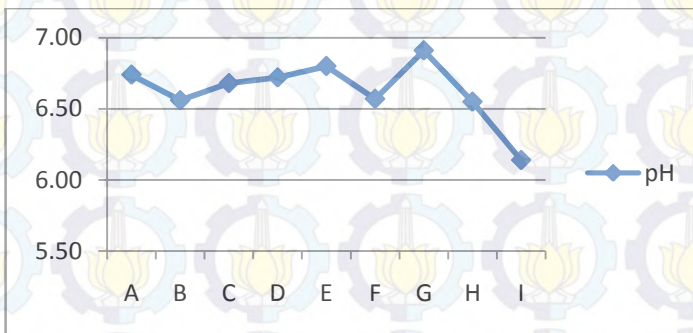
Gambar 4.7 Prosentase Penurunan Kekeruhan pada Uji Dosis Optimum Tawas

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa % penurunan kekeruhan tertinggi adalah pada penambahan tawas sebanyak 100 mg/L, sehingga dosis ini dikatakan sebagai dosis optimum. Dosis optimum ini selanjutnya akan digunakan pada uji pengaruh kecepatan pengadukan berdasarkan tabel 4.4 dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.

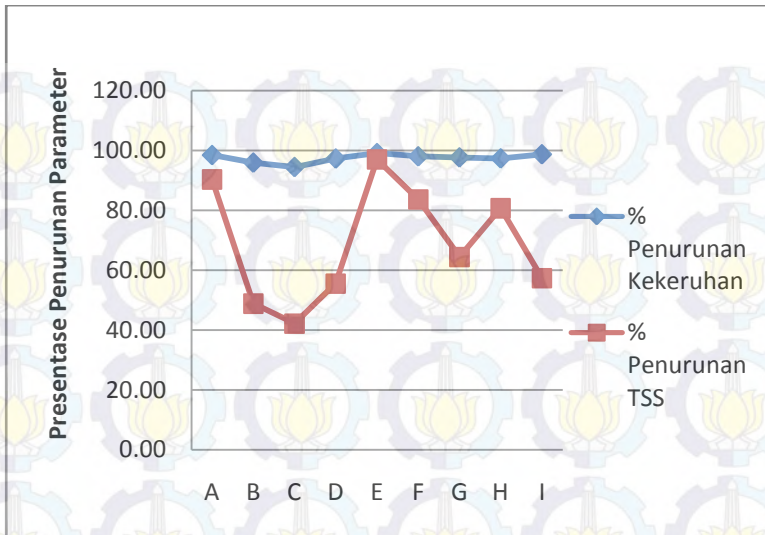
Tabel 4.4 Kecepatan Pengadukan

Nama	Kecepatan Flashmix (rpm)	Kecepatan Slowmix (rpm)
A	80	40
B	80	40
C	80	40
D	100	50
E	100	50
F	100	50
G	120	60
H	120	60
I	120	60

Sumber : Rencana Penelitian



Gambar 4.8 Nilai pH Berdasarkan Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan

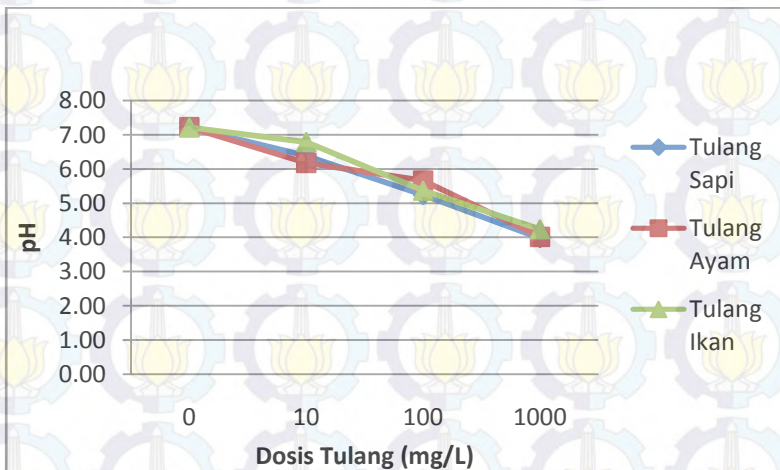


Gambar 4.9 Prosentase Penurunan Kekeruhan dan TSS pada Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan

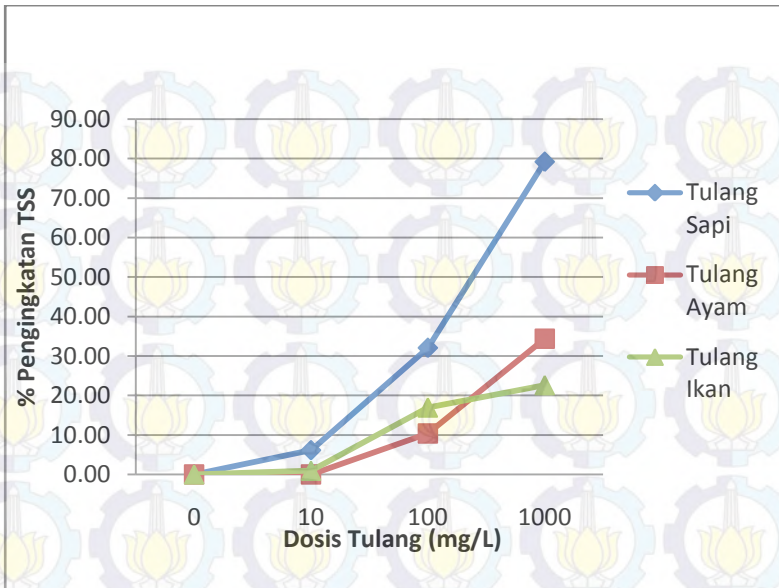
Dari Gambardiatas dapat diketahui bahwa kecepatan pengadukan optimum terletak pada kecepatan *flashmix* sebesar 100rpm dan kecepatan *slowmix* sebesar 50 rpm. Hasil yang berbeda dari proses ini diakibatkan dari kecepatan pengadukan yang berbeda. Pada proses pengadukan cepat, jika kecepatan terlalu lambat maka proses pendispersian koagulan tidak akan berjalan maksimal. Sedangkan pada pengadukan lambat, jika kecepatan terlalu rendah maka proses penggabungan inti flok tidak optimal dan jika kecepatan terlalu tinggi, maka inti flok yang telah terbentuk akan pecah kembali. Maka dari itu proses ini sangat perlu untuk diperhatikan untuk menghasilkan proses jar test yang optimal. Kecepatan pengadukan optimum ini selanjutnya akan digunakan sebagai acuan pada proses jar test dengan menggunakan tulang hewan sebagai koagulan.

1.4 Penelitian Tahap III (Uji Jartest Menggunakan Koagulan Tulang)

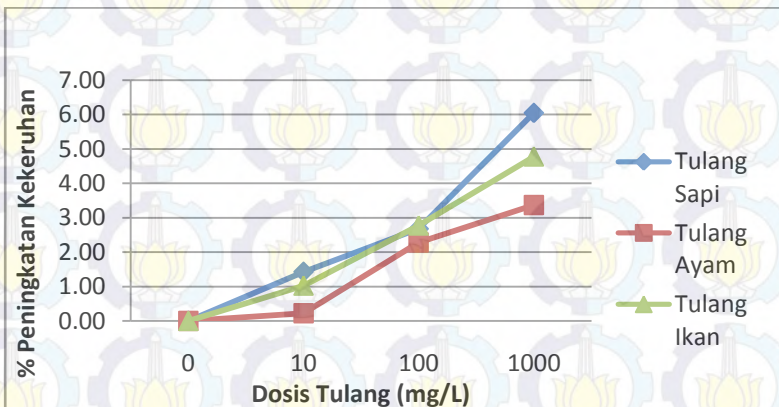
Larutan tulang yang telah didapat dari proses sebelumnya pada tahap ini dilakukan uji kemampuannya untuk membentuk flok dan menjadi koagulan. Penambahan dosis larutan dibuat dalam rentang yang cukup besar, yakni 10 mg/L, 100 mg/L, dan 1000 mg/L. Hasil uji jartest dilakukan dengan kecepatan pengadukan flashmix sebesar 100 rpm selama 1 menit dan kecepatan pengadukan flashmix sebesar 50rpm selama 15 menit. Hasil percobaan dapat dilihat dalam Gambar 4.10, 4.11, dan 4.12



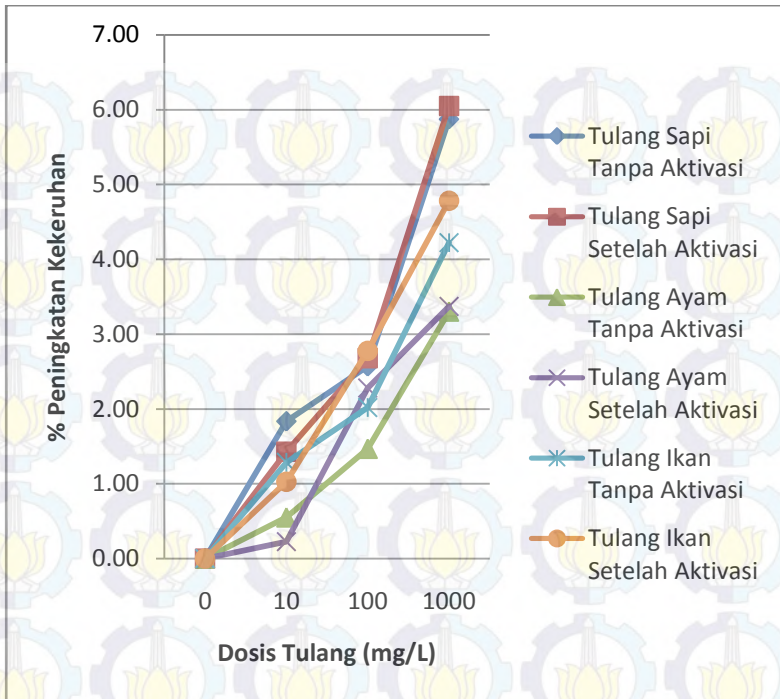
Gambar 4.10 Nilai pH Berdasarkan Uji Jartest Menggunakan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.11 Prosentase Penurunan TSS Menggunakan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.12 Prosentase Penurunan Kekeruhan Menggunakan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.13 Perbandingan Hasil Uji Kekeruhan Menggunakan Tulang Tanpa Aktivasi dan Tulang Setelah Aktivasi

Dari Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa penggunaan tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan sebagai koagulan justru menurunkan pH secara drastis dan meningkatkan nilai kekeruhan serta nilai TSS. Peningkatan nilai kekeruhan dan TSS tertinggi ditemukan pada penggunaan tulang sapi. Penurunan pH yang terjadi diakibatkan karena adanya sifat asam lemah pada asam asetat yang digunakan sebagai pelarut tulang sapi. Sedangkan peningkatan nilai TSS disebabkan karena ketidakmampuan tulang sapi mendestabilisasi zat-zat koloid dalam air untuk membentuk flok. Sesuai dengan analisa FTIR, hal ini terjadi karena pada tulang hewan tidak ditemukan gugus amina

sebagaimana yang terdapat pada kitosan. Berdasarkan grafik perbandingan nilai kekeruhan pada penggunaan tulang sebelum dan setelah diaktivasi didapatkan hasil bahwa penggunaan tulang setelah proses aktivasi menyebabkan peningkatan nilai kekeruhan yang lebih besar. Hal ini terjadi dimungkinkan karena setelah proses aktivasi, bentuk fisik tulang menjadi jauh lebih halus dibanding tulang yang tidak mengalami proses aktivasi, sehingga nilai kelarutannya di dalam air lebih besar.

4.5 Penelitian Tahap IV (Uji Jarrest Kombinasi Tulang Hewan dengan Koagulan Tawas, PAC, dan Kitosan)

Uji kombinasi koagulan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tulang hewan sebagai koagulan aid. Komposisi tulang dan koagulan inti diatur dengan perbandingan tertentu dikalikan dengan dosis optimum koagulan inti. Koagulan inti yang digunakan yakni tawas, PAC, dan kitosan.

4.5.1 Uji Dosis Optimum Tawas

Tabel 4.5 Hasil Uji Dosis Optimum Tawas

	Dosis Tawas (mg/L)	pH	Kekeruhan	% Penurunan Kekeruhan (NTU)
AWAL		7,51	12,20	
	10	7,47	1,90	84,43
	30	7,30	1,50	87,70
	50	7,13	1,00	91,80
	70	6,96	0,75	93,85
	90	6,80	1,20	90,16
	110	6,60	1,70	86,07
	130	6,47	2,00	83,61

Sumber :Hasil Penelitian

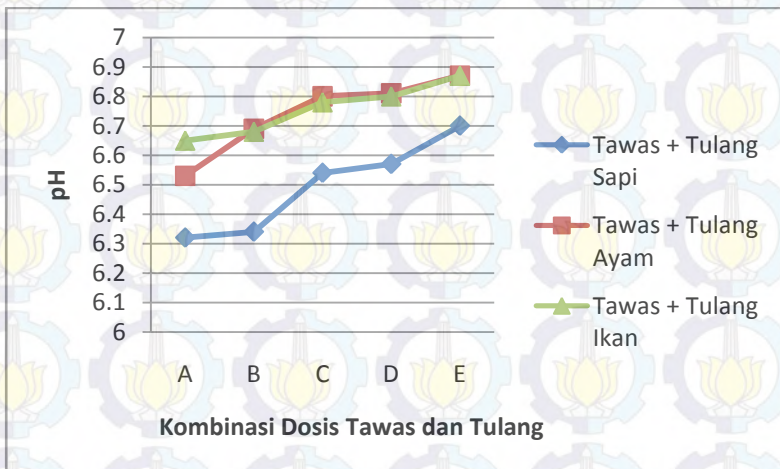
Berdasarkan Tabel diatas, diketahui bahwa dosis optimum penggunaan koagulan tawas adalah pada dosis 70 mg/L.

Dosis ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk mengombinasikan tawas dengan tulang hewan dengan komposisi sebagai berikut :

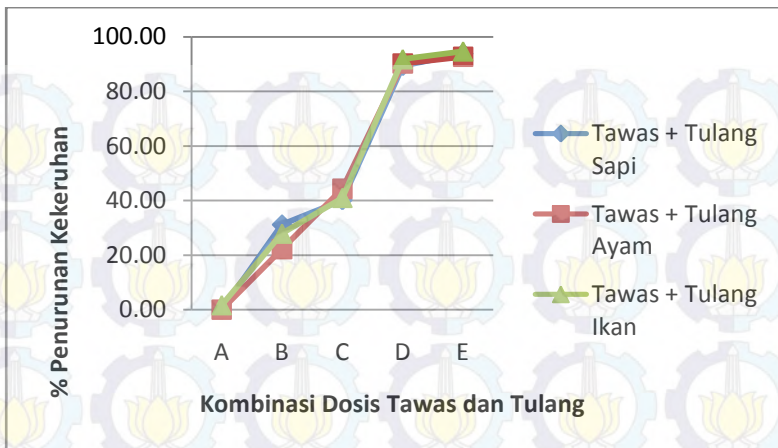
Tabel 4.6 Komposisi Kombinasi Dosis Tawas dan Tulang

Kombinasi	Dosis Tawas (mg/L)	Dosis Tulang (mg/L)
A	0	70
B	17,5	17,5
C	35	35
D	52,5	52,5
E	70	0

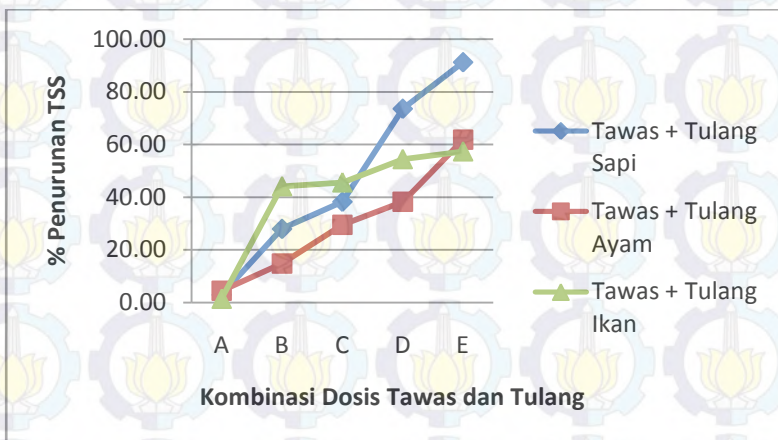
Dari hasil uji jartest dengan mengombinasikan tawas dengan tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan, sesuai dengan komposisi yang tertera pada Tabel 4.7 didapat hasil yang dapat dilihat pada Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15.



Gambar 4.13 Nilai pH Menggunakan Kombinasi Tawas dan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.14 Prosentase Penurunan Kekeruhan Menggunakan Kombinasi Tawas dan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.15 Prosentase Penurunan TSS Menggunakan Kombinasi Tawas dan Tulang sebagai Koagulan

4.5.2 Uji Dosis Optimum PAC

Tabel 4.7 Hasil Uji Dosis Optimum PAC

	Dosis PAC (mg/L)	pH	Kekeruhan	% Penurunan Kekeruhan (NTU)
AWAL		7,55	12,50	
	1	7,51	2,80	77,60
	3	7,49	2,60	79,20
	5	7,46	1,20	90,40
	7	7,40	0,95	92,40
	9	7,36	0,80	93,60
	11	7,24	0,70	94,40
	13	7,16	0,50	96,00
	15	7,09	0,55	95,60
	19	7,03	0,75	94,00

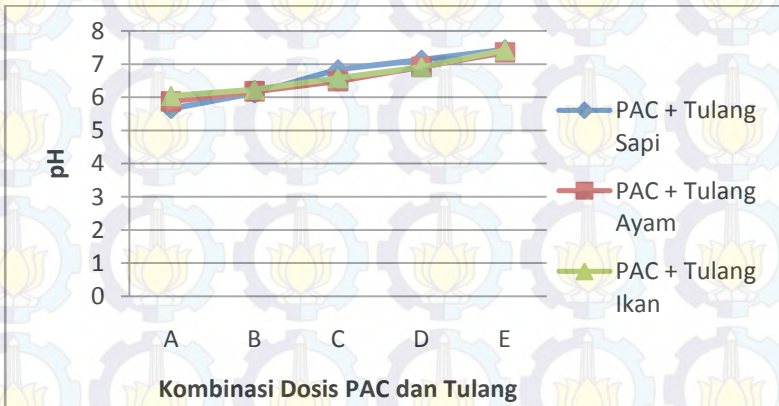
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel diatas, diketahui bahwa dosis optimum penggunaan koagulan PAC adalah pada dosis 13 mg/L. Dosis ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk mengombinasikan PAC dengan tulang hewan dengan komposisi sebagai berikut :

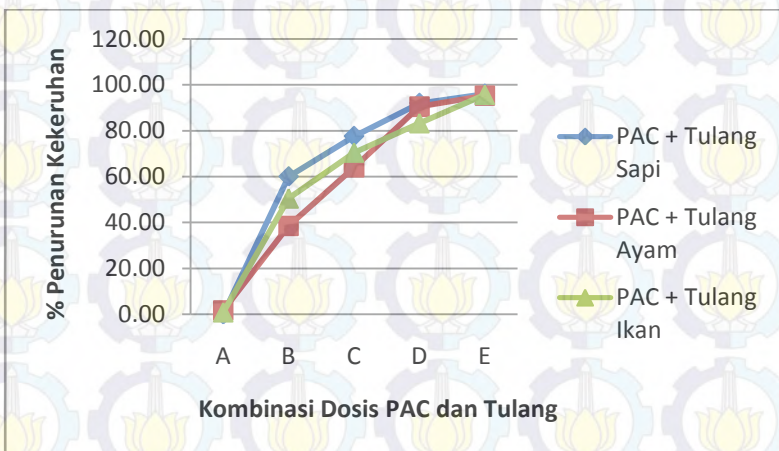
Tabel 4.8 Komposisi Kombinasi Dosis PAC dan Tulang

Kombinasi	Dosis PAC (mg/L)	Dosis Tulang (mg/L)
A	0,00	13,00
B	3,25	9,75
C	6,50	6,50
D	9,75	3,25
E	13,00	0,00

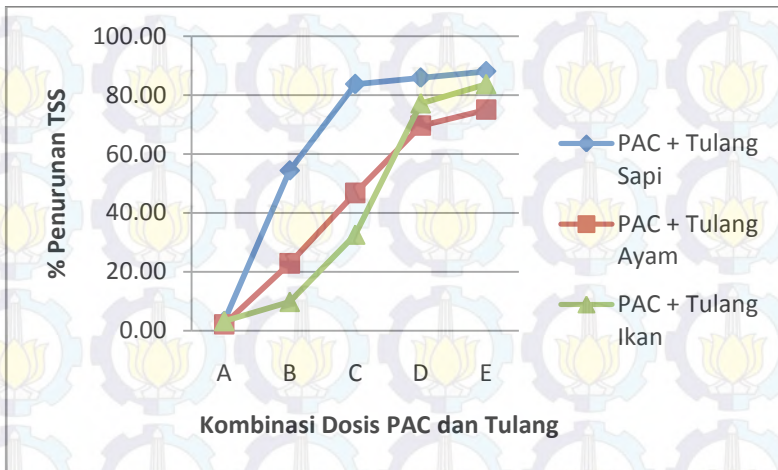
Dari hasil uji jarrest dengan mengombinasikan PAC dengan tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan, sesuai dengan komposisi yang tertera pada Tabel 4.12 didapatkan hasil yang tertera pada Gambar 4.16, 4.17, dan 4.18



Gambar 4.16 Nilai pH Menggunakan Kombinasi PAC dan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.17 Prosentase Penurunan Kekeruhan Menggunakan Kombinasi PAC dan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.18 Prosentase Penurunan TSS Menggunakan Kombinasi PAC dan Tulang sebagai Koagulan

4.5.3 Uji Dosis Optimum Kitosan

Tabel 4.9 Hasil Uji Dosis Optimum Kitosan

	Dosis Kitosan (mg/L)	pH	Kekeruhan	% Penurunan Kekeruhan (NTU)
AWAL			13,50	
	1	7,26	13,20	2,22
	3	7,25	12,50	7,41
	5	7,23	10,20	24,44
	7	7,19	7,70	42,96
	9	7,18	6,20	54,07
	10	7,15	5,00	62,96

	Dosis Kitosan (mg/L)	pH	Kekeruhan	% Penurunan Kekeruhan (NTU)
	30	7,13	5,50	59,26
	50	6,74	6,30	53,33
	70	6,53	7,00	48,15
	90	6,35	7,20	46,67

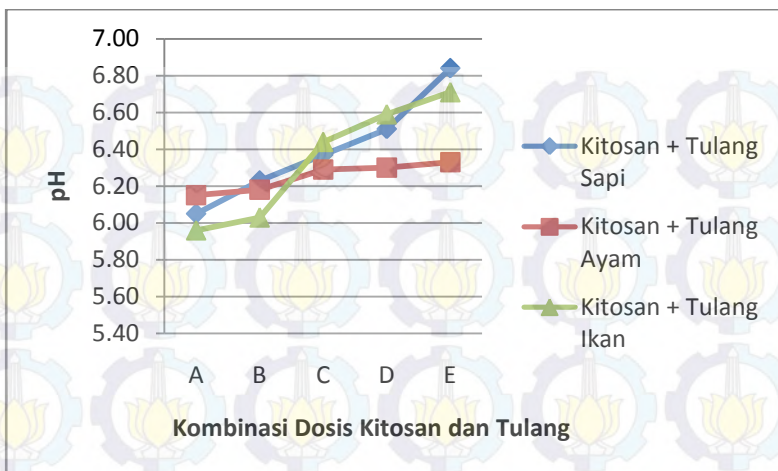
Sumber :Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel diatas, diketahui bahwa dosis optimum penggunaan koagulan kitosan adalah pada dosis 10 mg/L. Dosis ini selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk mengombinasikan kitosan dengan tulang hewan dengan komposisi sebagai berikut :

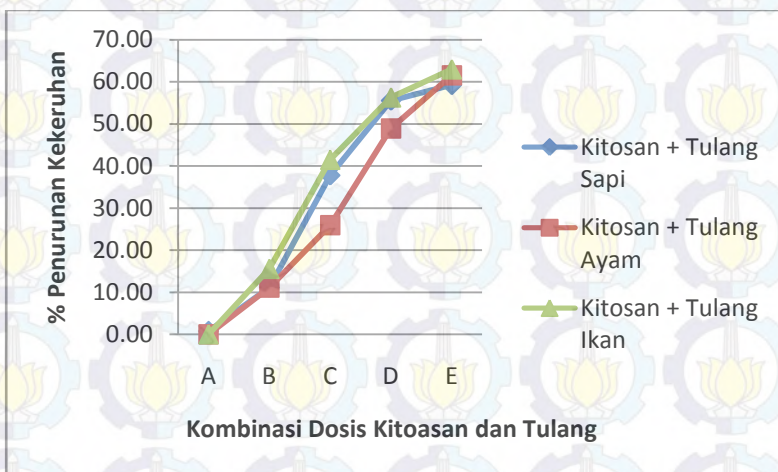
Tabel 4.10 Komposisi Kombinasi Dosis Kitosan dan Tulang

Kombinasi	Dosis Kitosan (mg/L)	Dosis Tulang (mg/L)
A	0,00	10,00
B	2,50	7,50
C	5,00	5,00
D	7,50	2,50
E	10,00	0,00

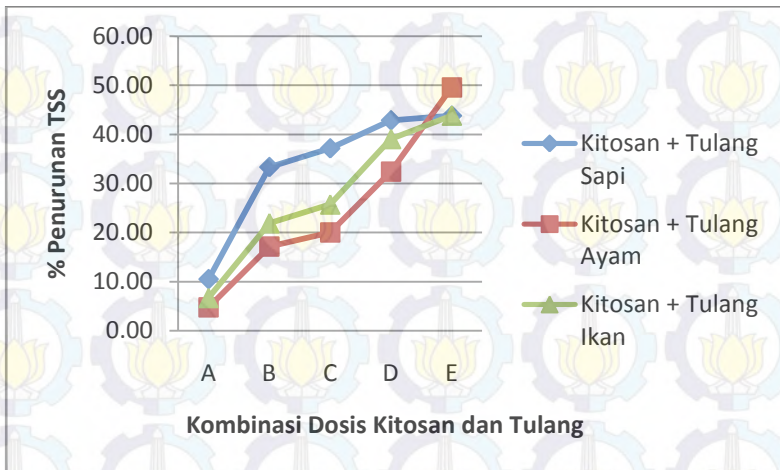
Dari hasil uji jartest dengan mengombinasikan Kitosan dengan tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan, sesuai dengan komposisi yang tertera pada Tabel 4.17 didapatkan hasil yang tertera pada pada Gambar 4.19, 4.20., dan 4.21



Gambar 4.19 Nilai pH Menggunakan Kombinasi Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan



Gambar 4.20 Prosentase Penurunan Kekeruhan Menggunakan Kombinasi Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan



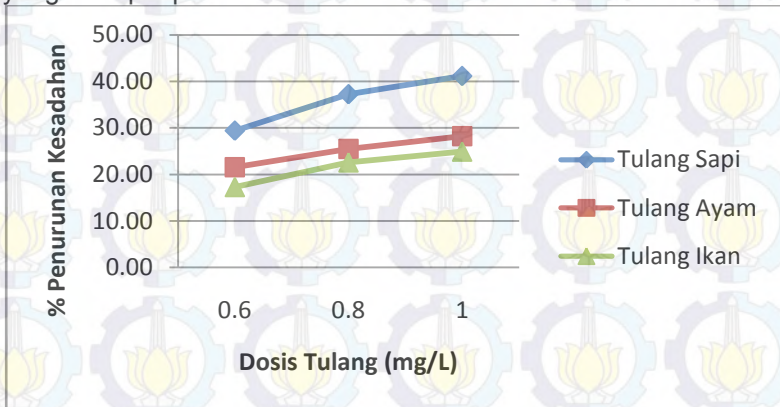
Gambar 4.21 Prosentase Penurunan TSS Menggunakan Kombinasi Kitosan dan Tulang sebagai Koagulan

Dari keseluruhan uji jarrest menggunakan kombinasi koagulan tawas, PAC, kitosan dengan tulang sapi, tulang ayam, tulang ikan, menunjukkan hasil bahwa penambahan tulang tidak memberikan pengaruh positif terhadap efektifitas penggunaan koagulan tawas, PAC, serta kitosan. Hal ini memperkuat hasil uji jarrest sebelumnya bahwa tulang hewan tidak mampu dijadikan sebagai koagulan.

4.6 Penelitian Lanjutan(Uji Removal Kesadahan pada Air Sumur menggunakan Tulang Hewan)

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan untuk mengetahui kapabilitas tulang hewan pada bidang pengolahan air yang lain, yaitu sebagai penurun kesadahan. Pada penelitian ini, diambil sampel tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan. Ketiga tulang difurnace selama 1 jam untuk menghilangkan zat-zat organiknya.

Sampel diambil dari air sampel buatan dengan kandungan CaCO_3 sebesar 364,28 mg/L. Proses penurunan kesadahan menggunakan metode jartest, dengan pengadukan cepat 100rpm selama 1 menit, dan juga pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit. Dari proses pengadukan didapatkan hasil yang terdapat pada Gambar 4.22



Gambar 4.22 Prosentase Penurunan Kesadahan

Dari Gambar 4.22 dapat diketahui bahwa tulang hewan memiliki potensi untuk dimanfaatkan pada proses penurunan kesadahan air, dengan prosentase tertinggi adalah pada tulang sapi. Namun dalam hal ini masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dosis penambahan tulang, dan juga memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi proses removal kesadahan seperti proses pengadukan, waktu pengendapan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Berdasarkan uji FTIR, tulang hewan ditemukan tidak memiliki gugus amina yang sangat berperan penting dalam pembentukan flok pada proses koagulasi, sehingga dengan ini tulang hewan dinyatakan tidak mampu digunakan sebagai koagulan.
2. Pada uji jarrest menggunakan tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan sebagai koagulan, didapatkan hasil bahwa pH sampel menurun serta nilai kekeruhan dan TSS sampel meningkat secara signifikan. Serta berdasarkan uji kombinasi tulang hewan dengan koagulan tawas, PAC, dan kitosan, penambahan tulang hewan tidak efektif dalam pembentukan flok.

5.2 SARAN

1. Penelitian selanjutnya dalam rangka mencari alternatif koagulan alami dilakukan pada kelompok hewan yang memiliki gugus aktif amina dan juga hidroksil.
2. Tulang hewan dapat dimanfaatkan untuk jenis pengolahan air yang lain yaitu sebagai penurun kesadahan pada air karena kadungan kationnya, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait hal ini.

Tabel A.1 Hasil Uji Dosis Optimum Tawas

	Dosis (mg/L)	pH	% Penurunan Kekeruhan
AWAL	-	7,49	
JARTEST	30	6,98	96,00
	50	6,85	96,11
	70	6,78	96,88
	100	6,77	97,46
	300	5,85	97,11
	500	4,51	96,95
	700	4,11	96,41
	900	4,01	95,33

Tabel A.2 Hasil Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan

	Flash Mix	Slow Mix	pH	Kekeruhan (NTU)	% penurunan kekeruhan	TSS (mg/L)	% penurunan kekeruhan
Awal			7,61	78,20		4,27	
A	80	40	6,74	1,20	98,47	0,05	99,99
B	80	50	6,56	3,17	95,95	0,28	99,95
C	80	60	6,68	4,31	94,49	0,31	99,94
D	100	40	6,72	2,10	97,31	0,24	99,96
E	100	50	6,80	0,69	99,12	0,02	100,00
F	100	60	6,57	1,53	98,04	0,09	99,98
G	120	40	6,91	1,81	97,69	0,19	99,96
H	120	50	6,55	2,07	97,35	0,10	99,98
I	120	60	6,14	0,99	98,73	0,23	99,96

Tabel A.3 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Sapi

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424,00
JAR TEST	10	6,39	62,89	420,00
	100	5,24	64,01	560,00
	1000	3,98	65,98	760,00

Tabel A.4 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Ayam

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424
	10	6,18	62,48	424
	100	5,66	64,07	468
	1000	4,02	64,44	570

Tabel A.5 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Ikan

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424
	10	6,79	62,98	428
	100	5,37	64,07	496
	1000	4,24	65,32	520

Tabel A.6 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Sapi

	Kombinasi Tawas dan Tulang Sapi	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,32	12,20	0,00	132,00	2,94
	B	17,5	17,5	6,34	8,40	31,15	98,00	27,94
	C	35	35	6,54	7,30	40,16	84,00	38,24
	D	52,5	52,5	6,57	1,30	89,34	36,00	73,53
	E	70	0	6,70	0,75	93,85	12,00	91,18

Tabel A.7 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Ayam

	Kombinasi Tawas dan Tulang Ayam	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,53	12,20	0,00	130,00	4,41
	B	17,5	17,5	6,69	9,50	22,13	116,00	14,71
	C	35	35	6,80	6,80	44,26	96,00	29,41
	D	52,5	52,5	6,81	1,20	90,16	84,00	38,24
	E	70	0	6,87	0,90	92,62	52,00	61,76

Tabel A.8 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Ikan

	Kombinasi Tawas dan Tulang Ikan	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,65	12,00	1,64	134,00	1,47
	B	17,5	17,5	6,68	8,80	27,87	76,00	44,12
	C	35	35	6,78	7,20	40,98	74,00	45,59
	D	52,5	52,5	6,80	1,00	91,80	62,00	54,41
	E	70	0	6,87	0,65	94,67	58,00	57,35

Tabel A.9 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Sapi

	Kombinasi PAC dan Tulang Sapi	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	5,65	12,50	0,00	178,00	3,26
	B	3,25	9,75	6,12	5,00	60,00	84,00	54,35
	C	6,50	6,50	6,84	2,80	77,60	30,00	83,70
	D	9,75	3,25	7,13	1,00	92,00	26,00	85,87
	E	13,00	0,00	7,44	0,50	96,00	22,00	88,04

Tabel A.10 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Ayam

	Kombinasi PAC dan Tulang Ayam	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	5,88	12,30	1,60	180,00	2,17
	B	3,25	9,75	6,18	7,70	38,40	142,00	22,83
	C	6,50	6,50	6,49	4,50	64,00	98,00	46,74
	D	9,75	3,25	6,92	1,20	90,40	56,00	69,57
	E	13,00	0,00	7,35	0,60	95,20	46,00	75,00

Tabel A.11 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Ikan

	Kombinasi PAC dan Tulang Ikan	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	6,04	12,40	0,80	178,00	3,26
	B	3,25	9,75	6,23	6,20	50,40	166,00	9,78
	C	6,50	6,50	6,58	3,70	70,40	124,00	32,61
	D	9,75	3,25	6,91	2,10	83,20	42,00	77,17
	E	13,00	0,00	7,42	0,55	95,60	30,00	83,70

Tabel A.12 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Sapi

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Sapi	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	6,05	13,40	0,74	188,00	10,48
	B	3,25	9,75	6,23	12,00	11,11	140,00	33,33
	C	6,50	6,50	6,37	8,40	37,78	132,00	37,14
	D	9,75	3,25	6,51	6,00	55,56	120,00	42,86
	E	13,00	0,00	6,84	5,50	59,26	118,00	43,81

Tabel A.13 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Ayam

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Ayam	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	6,15	13,50	0,00	200,00	4,76
	B	3,25	9,75	6,18	12,00	11,11	174,00	17,14
	C	6,50	6,50	6,29	10,00	25,93	168,00	20,00
	D	9,75	3,25	6,30	6,90	48,89	142,00	32,38
	E	13,00	0,00	6,33	5,20	61,48	106,00	49,52

Tabel A.14 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Ikan

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Ikan	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	5,96	13,50	0,00	196,00	6,67
	B	3,25	9,75	6,03	11,40	15,56	164,00	21,90
	C	6,50	6,50	6,44	7,90	41,48	156,00	25,71
	D	9,75	3,25	6,59	5,90	56,30	128,00	39,05
	E	13,00	0,00	6,71	5,00	62,96	118,00	43,81



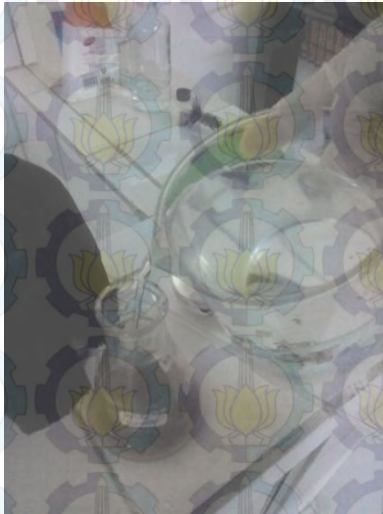
Serbuk tulang yang telah dihaluskan



Larutan NaOH yang digunakan sebagai pelarut pada proses deproteinasi dan deasetilasi



Proses pemanasan selama proses aktivasi tulang



Proses pencucian tulang menggunakan aquades



Proses penyaringan larutan tulang



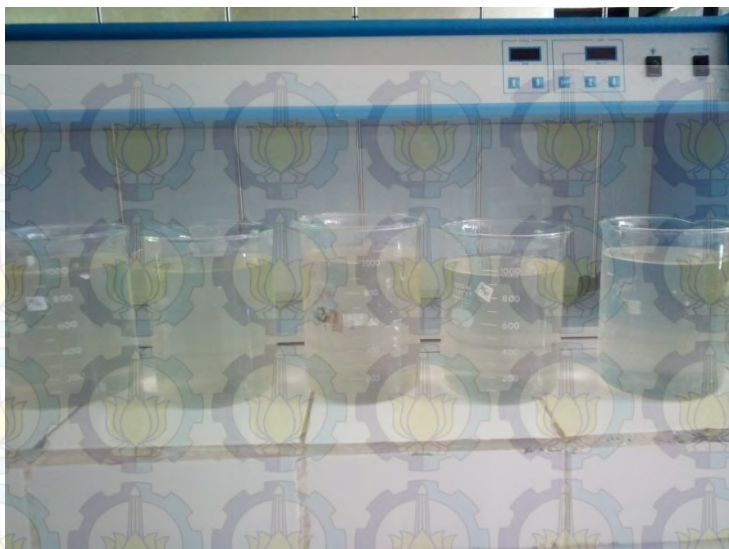
Hasil akhir tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan setelah melewati proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi



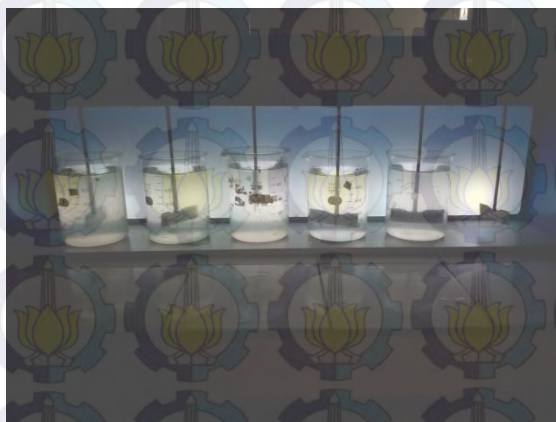
Serbuk Kitosan



Proses pelarutan kitosan menggunakan pelarut asam asetat



Kondisi awal sampel sebelum melalui proses jartest



Proses koagulasi flokulasi menggunakan jartest



Proses pengendapan setelah tahap jartest

Tabel A.1 Hasil Uji Dosis Optimum Tawas

	Dosis (mg/L)	pH	% Penurunan Kekeruhan
AWAL	-	7,49	
JARTEST	30	6,98	96,00
	50	6,85	96,11
	70	6,78	96,88
	100	6,77	97,46
	300	5,85	97,11
	500	4,51	96,95
	700	4,11	96,41
	900	4,01	95,33

Tabel A.2 Hasil Uji Pengaruh Kecepatan Pengadukan

	Flash Mix	Slow Mix	pH	Kekeruhan (NTU)	% penurunan kekeruhan	TSS (mg/L)	% penurunan kekeruhan
Awal			7,61	78,20		4,27	
A	80	40	6,74	1,20	98,47	0,05	99,99
B	80	50	6,56	3,17	95,95	0,28	99,95
C	80	60	6,68	4,31	94,49	0,31	99,94
D	100	40	6,72	2,10	97,31	0,24	99,96
E	100	50	6,80	0,69	99,12	0,02	100,00
F	100	60	6,57	1,53	98,04	0,09	99,98
G	120	40	6,91	1,81	97,69	0,19	99,96
H	120	50	6,55	2,07	97,35	0,10	99,98
I	120	60	6,14	0,99	98,73	0,23	99,96

Tabel A.3 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Sapi

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424,00
JAR TEST	10	6,39	62,89	420,00
	100	5,24	64,01	560,00
	1000	3,98	65,98	760,00

Tabel A.4 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Ayam

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424
	10	6,18	62,48	424
	100	5,66	64,07	468
	1000	4,02	64,44	570

Tabel A.5 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tulang Ikan

	Dosis (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
AWAL	0	7,22	62,34	424
	10	6,79	62,98	428
	100	5,37	64,07	496
	1000	4,24	65,32	520

Tabel A.6 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Sapi

	Kombinasi Tawas dan Tulang Sapi	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,32	12,20	0,00	132,00	2,94
	B	17,5	17,5	6,34	8,40	31,15	98,00	27,94
	C	35	35	6,54	7,30	40,16	84,00	38,24
	D	52,5	52,5	6,57	1,30	89,34	36,00	73,53
	E	70	0	6,70	0,75	93,85	12,00	91,18

Tabel A.7 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Ayam

	Kombinasi Tawas dan Tulang Ayam	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,53	12,20	0,00	130,00	4,41
	B	17,5	17,5	6,69	9,50	22,13	116,00	14,71
	C	35	35	6,80	6,80	44,26	96,00	29,41
	D	52,5	52,5	6,81	1,20	90,16	84,00	38,24
	E	70	0	6,87	0,90	92,62	52,00	61,76

Tabel A.8 Hasil Uji Jartest Menggunakan Tawas dan Tulang Ikan

	Kombinasi Tawas dan Tulang Ikan	Dosis Tawas	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,51	12,20		136,00	
	A	0	70	6,65	12,00	1,64	134,00	1,47
	B	17,5	17,5	6,68	8,80	27,87	76,00	44,12
	C	35	35	6,78	7,20	40,98	74,00	45,59
	D	52,5	52,5	6,80	1,00	91,80	62,00	54,41
	E	70	0	6,87	0,65	94,67	58,00	57,35

Tabel A.9 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Sapi

	Kombinasi PAC dan Tulang Sapi	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	5,65	12,50	0,00	178,00	3,26
	B	3,25	9,75	6,12	5,00	60,00	84,00	54,35
	C	6,50	6,50	6,84	2,80	77,60	30,00	83,70
	D	9,75	3,25	7,13	1,00	92,00	26,00	85,87
	E	13,00	0,00	7,44	0,50	96,00	22,00	88,04

Tabel A.10 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Ayam

	Kombinasi PAC dan Tulang Ayam	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	5,88	12,30	1,60	180,00	2,17
	B	3,25	9,75	6,18	7,70	38,40	142,00	22,83
	C	6,50	6,50	6,49	4,50	64,00	98,00	46,74
	D	9,75	3,25	6,92	1,20	90,40	56,00	69,57
	E	13,00	0,00	7,35	0,60	95,20	46,00	75,00

Tabel A.11 Hasil Uji Jartest Menggunakan PAC dan Tulang Ikan

	Kombinasi PAC dan Tulang Ikan	Dosis PAC	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,55	12,50		184,00	
	A	0,00	13,00	6,04	12,40	0,80	178,00	3,26
	B	3,25	9,75	6,23	6,20	50,40	166,00	9,78
	C	6,50	6,50	6,58	3,70	70,40	124,00	32,61
	D	9,75	3,25	6,91	2,10	83,20	42,00	77,17
	E	13,00	0,00	7,42	0,55	95,60	30,00	83,70

Tabel A.12 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Sapi

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Sapi	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	6,05	13,40	0,74	188,00	10,48
	B	3,25	9,75	6,23	12,00	11,11	140,00	33,33
	C	6,50	6,50	6,37	8,40	37,78	132,00	37,14
	D	9,75	3,25	6,51	6,00	55,56	120,00	42,86
	E	13,00	0,00	6,84	5,50	59,26	118,00	43,81

Tabel A.13 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Ayam

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Ayam	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	6,15	13,50	0,00	200,00	4,76
	B	3,25	9,75	6,18	12,00	11,11	174,00	17,14
	C	6,50	6,50	6,29	10,00	25,93	168,00	20,00
	D	9,75	3,25	6,30	6,90	48,89	142,00	32,38
	E	13,00	0,00	6,33	5,20	61,48	106,00	49,52

Tabel A.14 Hasil Uji Jartest Menggunakan Kitosan dan Tulang Ikan

	Kombinasi Kitosan dan Tulang Ikan	Dosis Kitosan	Dosis Tulang	pH	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	TSS (mg/L)	% Penurunan TSS
AWAL				7,94	13,50		210,00	
	A	0,00	13,00	5,96	13,50	0,00	196,00	6,67
	B	3,25	9,75	6,03	11,40	15,56	164,00	21,90
	C	6,50	6,50	6,44	7,90	41,48	156,00	25,71
	D	9,75	3,25	6,59	5,90	56,30	128,00	39,05
	E	13,00	0,00	6,71	5,00	62,96	118,00	43,81



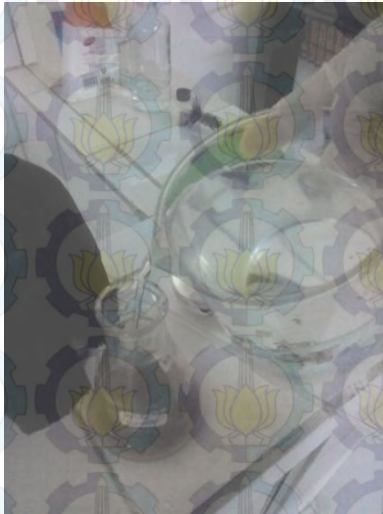
Serbuk tulang yang telah dihaluskan



Larutan NaOH yang digunakan sebagai pelarut pada proses deproteinasi dan deasetilasi



Proses pemanasan selama proses aktivasi tulang



Proses pencucian tulang menggunakan aquades



Proses penyaringan larutan tulang



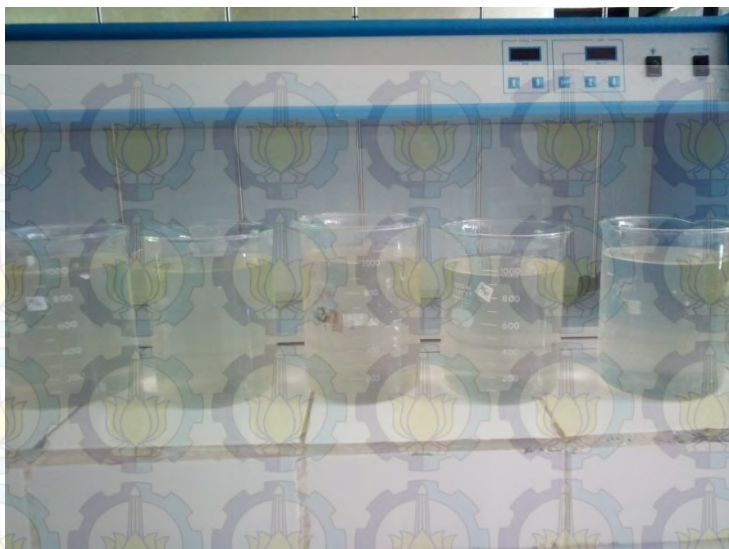
Hasil akhir tulang sapi, tulang ayam, dan tulang ikan setelah melewati proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi



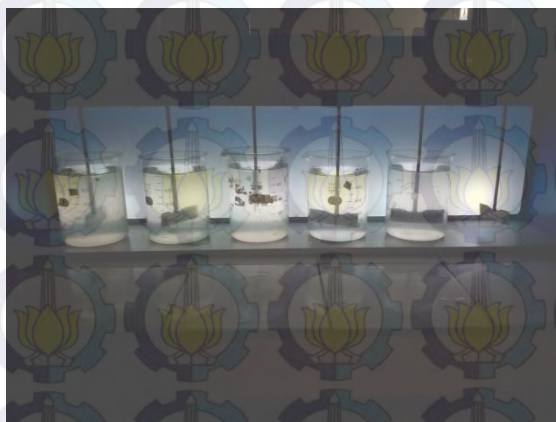
Serbuk Kitosan



Proses pelarutan kitosan menggunakan pelarut asam asetat



Kondisi awal sampel sebelum melalui proses jartest



Proses koagulasi flokulasi menggunakan jartest



Proses pengendapan setelah tahap jar test

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. 2012. *Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Tulang Sapi pada Ion Timbal (Pb^{2+})*
- Anonim. 1990. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 20/1990 Tentang : Pengendalian pencemaran Air.
- Anonim. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/1990 Tentang : Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air
- Armedi, J. 2010. *Penyisihan BOD_5 , COD, dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi*. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Darmayanto. 2009. *Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Penurun Intensitas Warna Air Gambut*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Hadi, W. 2012. *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Surabaya : ITS Press
- Ibnu, H. 1997. *Air Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- Koohestanian, A., Hosseini, M., Abbasian, Z. 2008. *The Separation Method for Removing of Colloidal Particles from Raw Water*. Iran : IDOSI Publications.
- Masduqi, A. Dan Assomadi, A.F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya : ITS Press.
- Manurung, M. 2011. *Potensi Khitin/Khitosan dari Kulit Udag sebagai Biokoagulan Penjernih Air*. Bali : Universitas Udayana
- Miller, R.G., Kopfler, F.F., Kelty, K.C., Stober, J.A., Ulmer, N.S. 1984. *The Occurence of Alumunium in Drinking Waters*. Journal AWWA.

Mulyadi. 2007. *Chemical Process in Water Treatment*. Serpong :
Aula Cisdane.

Mu'minah. 2008. *Aplikasi Kitosan Sebagai Koagulan untuk
Penjernihan Air Keruh*. Bandung : ITB.

Pise, C.P., Halkude, S.A. 2012. *Blend of Natural and Chemical
Coagulant for removal of Turbidity in Water*. India : SKN
Singhad College of Engineering Pandhapur.

Sinardi, Soewondo J., Notodarmojo S. 2013. *Pembuatan,
Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang
Hijau (Mytilus Virdis Linneaus) Sebagai Koagulan
Penjernih Air*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

Susanti, A. *Bangunan Pengolahan Air Minum*. Serpong : Aula
Cisdane

Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT
Gramedia Pustaka Utama

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Magetan, 17 April 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di TK Sholahuddin Mojokerto, SMPN 1 Mojokerto, dan SMAN 1 Sooko. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada tahun 2011-2015 dan terdaftar dengan NRP 3311 100 033.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai Ketua Environmental Engineering English Club HMTL periode 2013/2014. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL maupun ITS serta aktif sebagai asisten praktikum pada mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan dan Teknik Analisis Pencemar Lingkungan. Penulis juga aktif mengikuti seminar dan kompetisi berbasis minat bakat, serta pernah terdaftar sebagai pemenang Lomba ITS Student Internationalization Project 2014. Penulis pernah berkesempatan menjalankan Kerja Praktik di PT. Liku Telaga dengan tema Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Penulis dapat dihubungi via email hana.enviro@yahoo.com